

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-319722

(43)Date of publication of application : 31.10.2002

(51)Int.Cl.

H01L 43/08
G01R 33/09
G11B 5/39
H01F 10/30
H01F 10/32
H01F 41/32
H01L 43/12

(21)Application number : 2002-013220

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 22.01.2002

(72)Inventor : HIRAMOTO MASAYOSHI
ODAKAWA AKIHIRO
MATSUKAWA NOZOMI
IIJIMA KENJI
SAKAKIMA HIROSHI

(30)Priority

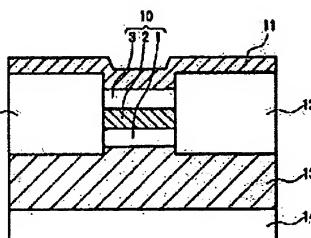
Priority number : 2001012748 Priority date : 22.01.2001 Priority country : JP

(54) MAGNETORESISTANCE EFFECT ELEMENT AND MANUFACTURING METHOD THEREFOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a magnetoresistance effect element having a new intermediate layer, realizing superior characteristics.

SOLUTION: The magnetoresistance effect element comprises an intermediate layer and a pair of magnetic layers which sandwich the intermediate layer. In this case, the intermediate layer contains at least three types of elements selected from among a group consisting of group II to group XVII elements, and the element is at least one type selected from among a group consisting of F, O, N, C and B.



(1) 日本国特許庁 (JP) (2) 公開特許公報 (A) (11) 特許出願公開番号
特開2002-319722
(P2002-319722A)
(43) 公開日 平成14年10月31日 (2002.10.31)

(5) Int.Cl. ¹	識別記号	P 1	テロイ (参考)
H01L 43/08	H01L 43/08	Z 2 G017	
G01R 33/09	G11B 5/39	5D034	
G11B 5/39	H01F 10/30	5E049	
H01P 10/30		10/32	
10/32		41/32	

審査請求 有 検索用語24 OL (全 19 頁) 最終頁に該く

(21) 出願番号 特開2002-13220 (P2002-13220)	(71) 出願人 000005821
(22) 出願日 平成14年1月22日 (2002.1.22)	松下電器産業株式会社 大阪府門真市大字門真1008番地
(31) 優先権主登録番号 特開2001-12745 (P2001-12745)	(72) 発明者 平本 邦祥
(32) 優先日 平成13年1月22日 (2001.1.22)	大阪府門真市大字門真1008番地 松下電器 産業株式会社内
(33) 優先権主国名 日本 (JP)	(74) 代理人 11000040 特許業務法人内・佐藤アンドパートナ ズ

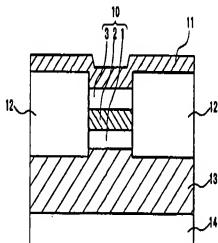
最終頁に該く

(54) [発明の名稱] 磁気抵抗効果素子とその製造方法

(57) [要約]

[課題] 優れた特性を実現できる新たな中間層を備え
る磁気抵抗効果素子を提供する。

[解決手段] 中間層と、これを挟持する一対の磁性層
とを含み、中間層が、2～17族から選ばれる少なくとも
3種の元素を含み、この元素が、F、O、N、Cおよび
Bから選ばれる少なくとも1種を含む磁気抵抗効果素
子とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 中間層と、前記中間層を挟持する一対の
磁性層とを含み、前記中間層が、2～17族から選ばれ
る少なくとも3種の元素を含み、前記元素が、F、O、
N、CおよびBから選ばれる少なくとも1種を含む磁気
抵抗効果素子。

【請求項2】 A1以外の金属元素を含む請求項1に記載
の磁気抵抗効果素子。

【請求項3】 中間層が、F、O、C、NおよびB以外
であって2～17族から選ばれる少なくとも2種の元素
を含む請求項1に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項4】 中間層が、B、Al、GaおよびInか
ら選ばれる少なくとも2種の元素と、Nを含む請求項
1に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項5】 中間層の組成が、簡単方向に沿って變化
している請求項1に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項6】 中間層が多層構造を有する請求項1に記
載の磁気抵抗効果素子。

【請求項7】 中間層が、横壁高さが互いに異なる2つ
の段を含む請求項6に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項8】 中間層が、一対の磁性層のいずれかに接
する第1中間層と、前記1一对の磁性層の間に接する第
2中間層と、前記第1中間層と前記第2中間層とに挟持
された第3中間層とを含み、前記第3中間層の厚壁高さ
が前記第1中間層の厚壁高さおよび前記第2中間層の厚
壁高さから選ばれる少なくとも1方よりも低い請求項7
に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項9】 中間層が磁性層を含み、前記磁性層と前
記1一对の磁性層との間に、それぞれ、少なくとも1層の
非磁性層が介在している請求項6に記載の磁気抵抗効果
素子。

【請求項10】 前記9に記載の磁性層と前記1一对の
磁性層との間に、それぞれ、少なくとも1層の非磁性層を
介在する請求項9に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項11】 一対の磁性層の少なくとも一方が、
F、O、N、CおよびBから選ばれる少なくとも1種を
含む請求項1に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項12】 一対の磁性層の少なくとも一方と中間
層との間に、厚壁高さ0.5nm以下での磁性層が介在し
た請求項1に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項13】 中間層の厚壁高さが、0.5nm以上5nm
以下である請求項1に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項14】 中間層と、前記中間層を挟持する一対
の磁性層とを有する磁気抵抗効果素子の製造方法であ
って、

前記体を成形する工程と、焼成原子、窒素原子および淡
紫原子から選ばれる少なくとも1種を含む反応性ガスに接
触させて、前記前駆体を前記反応層と反応させ
て前記中間層の少なくとも一部とする工程とを含む磁
気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項15】 前駆体を、酸素原子、窒素原子および
水素原子から選ばれる少なくとも1種の反応性ガスを含有す
る反応性ガスにおいて成膜する請求項14に記載の磁気
抵抗効果素子の製造方法。

【請求項16】 第1反応性ガス下で第1前駆体を成
膜する工程と、前記第1前駆体を前記中間層の一部となる
第1中間層とする工程と、前記第1中間層上に、第2反
応性ガス下で第2前駆体を成膜する工程と、前記第2前
駆体を前記中間層の一部となる第2中間層とする工程と
を含み、

前記第2反応性ガスが前記第1反応性ガスよりも高い反
応性を有する請求項15に記載の磁気抵抗効果素子の製
造方法。

【請求項17】 第1前駆体を成膜する工程と、前記第
1前駆体を第1反応性ガス下で前記中間層の一部となる
第1中間層とする工程と、前記第1中間層上に第2前駆
体を形成する工程と、前記第2前駆体を第2反応性ガス
下で前記中間層の一部となる第2中間層とする工程とを
含み、

前記第2反応性ガスが前記第1反応性ガスよりも高い反
応性を有する請求項14に記載の磁気抵抗効果素子の製
造方法。

【請求項18】 前駆体の體積V_Bに対する、前記前駆
体から形成した體積V_Aの比率为1.05以上2.0
以下である請求項14に記載の磁気抵抗効果素子の製
造方法。

【請求項19】 前駆体がA1以外の金属元素を含む請
求項18に記載の磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項20】 反応性ガスが、少なくとも1種の酸素原
子および窒素原子を含む請求項14に記載の磁気抵抗効果
素子の製造方法。

【請求項21】 反応性ガスが、K₁原子およびX₁原
子から選ばれる少なくとも1種を含む請求項14に記載
の磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項22】 前駆体を、A₁原子および窒素原子か
ら選ばれる少なくとも1種を含む第1反応性ガスに接触させ
た後に、A₁原子および窒素原子から選ばれる少なくと
も1種と酸素原子と含む第2反応性ガスに接触させる前
記14に記載の磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項23】 中間層前駆体が、アルミナフューズ相を含
む請求項14に記載の磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項24】 少なくとも2枚の基板上にそれぞれ第
1磁性層を形成する工程と、同一の成膜室において前記
第1磁性層上にそれぞれ前駆体を形成する工程と、前記
少しづつ2枚の基板を前記成膜室から反応性ガスに移す
工程と、前記反応室において前記前駆体を同一の反応
性ガス下でそれぞれ中間層の少なくとも一部とする工程
と、前記中間層上にそれぞれ第2磁性層を形成する工程
とを含む請求項14に記載の磁気抵抗効果素子の製造方
法。

【請求項15】 前駆体を、酸素原子、窒素原子および
水素原子から選ばれる少なくとも1種の反応性ガスを含有す
る反応性ガスにおいて成膜する請求項14に記載の磁気
抵抗効果素子の製造方法。

【請求項16】 第1反応性ガス下で第1前駆体を成
膜する工程と、前記第1前駆体を前記中間層の一部となる
第1中間層とする工程と、前記第1中間層上に、第2反
応性ガス下で第2前駆体を成膜する工程と、前記第2前
駆体を前記中間層の一部となる第2中間層とする工程と
を含み、

前記第2反応性ガスが前記第1反応性ガスよりも高い反
応性を有する請求項15に記載の磁気抵抗効果素子の製
造方法。

【請求項17】 第1前駆体を成膜する工程と、前記第
1前駆体を第1反応性ガス下で前記中間層の一部となる
第1中間層とする工程と、前記第1中間層上に第2前駆
体を形成する工程と、前記第2前駆体を第2反応性ガス
下で前記中間層の一部となる第2中間層とする工程とを
含み、

前記第2反応性ガスが前記第1反応性ガスよりも高い反
応性を有する請求項14に記載の磁気抵抗効果素子の製
造方法。

【請求項18】 前駆体がA1以外の金属元素を含む請
求項17に記載の磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項19】 反応性ガスが、少なくとも1種の酸素原
子および窒素原子を含む請求項14に記載の磁気抵抗
効果素子の製造方法。

【請求項20】 反応性ガスが、K₁原子およびX₁原
子から選ばれる少なくとも1種を含む請求項14に記載
の磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項21】 少なくとも2枚の基板上にそれぞれ第
1磁性層を形成する工程と、同一の成膜室において前記
第1磁性層上にそれぞれ前駆体を形成する工程と、前記
少しづつ2枚の基板を前記成膜室から反応性ガスに移す
工程と、前記反応室において前記前駆体を同一の反応
性ガス下でそれぞれ中間層の少なくとも一部とする工程
と、前記中間層上にそれぞれ第2磁性層を形成する工程
とを含む請求項14に記載の磁気抵抗効果素子の製造方
法。

【請求項22】 中間層前駆体が、アルミナフューズ相を含
む請求項15に記載の磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項23】 第1反応性ガス下で第1前駆体を成
膜する工程と、前記第1前駆体を前記中間層の一部となる
第1中間層とする工程と、前記第1中間層上に、第2反
応性ガス下で第2前駆体を成膜する工程と、前記第2前
駆体を前記中間層の一部となる第2中間層とする工程と
を含み、

前記第2反応性ガスが前記第1反応性ガスよりも高い反
応性を有する請求項16に記載の磁気抵抗効果素子の製
造方法。

【請求項24】 第1反応性ガス下で第1前駆体を成
膜する工程と、前記第1前駆体を前記中間層の一部となる
第1中間層とする工程と、前記第1中間層上に、第2反
応性ガス下で第2前駆体を成膜する工程と、前記第2前
駆体を前記中間層の一部となる第2中間層とする工程と
を含み、

前記第2反応性ガスが前記第1反応性ガスよりも高い反
応性を有する請求項17に記載の磁気抵抗効果素子の製
造方法。

【請求項25】 第1反応性ガス下で第1前駆体を成
膜する工程と、前記第1前駆体を前記中間層の一部となる
第1中間層とする工程と、前記第1中間層上に、第2反
応性ガス下で第2前駆体を成膜する工程と、前記第2前
駆体を前記中間層の一部となる第2中間層とする工程と
を含み、

前記第2反応性ガスが前記第1反応性ガスよりも高い反
応性を有する請求項18に記載の磁気抵抗効果素子の製
造方法。

【請求項26】 第1反応性ガス下で第1前駆体を成
膜する工程と、前記第1前駆体を前記中間層の一部となる
第1中間層とする工程と、前記第1中間層上に、第2反
応性ガス下で第2前駆体を成膜する工程と、前記第2前
駆体を前記中間層の一部となる第2中間層とする工程と
を含み、

前記第2反応性ガスが前記第1反応性ガスよりも高い反
応性を有する請求項19に記載の磁気抵抗効果素子の製
造方法。

【請求項27】 第1反応性ガス下で第1前駆体を成
膜する工程と、前記第1前駆体を前記中間層の一部となる
第1中間層とする工程と、前記第1中間層上に、第2反
応性ガス下で第2前駆体を成膜する工程と、前記第2前
駆体を前記中間層の一部となる第2中間層とする工程と
を含み、

前記第2反応性ガスが前記第1反応性ガスよりも高い反
応性を有する請求項20に記載の磁気抵抗効果素子の製
造方法。

【請求項28】 第1反応性ガス下で第1前駆体を成
膜する工程と、前記第1前駆体を前記中間層の一部となる
第1中間層とする工程と、前記第1中間層上に、第2反
応性ガス下で第2前駆体を成膜する工程と、前記第2前
駆体を前記中間層の一部となる第2中間層とする工程と
を含み、

前記第2反応性ガスが前記第1反応性ガスよりも高い反
応性を有する請求項21に記載の磁気抵抗効果素子の製
造方法。

【請求項29】 第1反応性ガス下で第1前駆体を成
膜する工程と、前記第1前駆体を前記中間層の一部となる
第1中間層とする工程と、前記第1中間層上に、第2反
応性ガス下で第2前駆体を成膜する工程と、前記第2前
駆体を前記中間層の一部となる第2中間層とする工程と
を含み、

前記第2反応性ガスが前記第1反応性ガスよりも高い反
応性を有する請求項22に記載の磁気抵抗効果素子の製
造方法。

【請求項30】 第1反応性ガス下で第1前駆体を成
膜する工程と、前記第1前駆体を前記中間層の一部となる
第1中間層とする工程と、前記第1中間層上に、第2反
応性ガス下で第2前駆体を成膜する工程と、前記第2前
駆体を前記中間層の一部となる第2中間層とする工程と
を含み、

前記第2反応性ガスが前記第1反応性ガスよりも高い反
応性を有する請求項23に記載の磁気抵抗効果素子の製
造方法。

【請求項31】 第1反応性ガス下で第1前駆体を成
膜する工程と、前記第1前駆体を前記中間層の一部となる
第1中間層とする工程と、前記第1中間層上に、第2反
応性ガス下で第2前駆体を成膜する工程と、前記第2前
駆体を前記中間層の一部となる第2中間層とする工程と
を含み、

前記第2反応性ガスが前記第1反応性ガスよりも高い反
応性を有する請求項24に記載の磁気抵抗効果素子の製
造方法。

【請求項32】 第1反応性ガス下で第1前駆体を成
膜する工程と、前記第1前駆体を前記中間層の一部となる
第1中間層とする工程と、前記第1中間層上に、第2反
応性ガス下で第2前駆体を成膜する工程と、前記第2前
駆体を前記中間層の一部となる第2中間層とする工程と
を含み、

前記第2反応性ガスが前記第1反応性ガスよりも高い反
応性を有する請求項25に記載の磁気抵抗効果素子の製
造方法。

【請求項33】 第1反応性ガス下で第1前駆体を成
膜する工程と、前記第1前駆体を前記中間層の一部となる
第1中間層とする工程と、前記第1中間層上に、第2反
応性ガス下で第2前駆体を成膜する工程と、前記第2前
駆体を前記中間層の一部となる第2中間層とする工程と
を含み、

前記第2反応性ガスが前記第1反応性ガスよりも高い反
応性を有する請求項26に記載の磁気抵抗効果素子の製
造方法。

【請求項34】 第1反応性ガス下で第1前駆体を成
膜する工程と、前記第1前駆体を前記中間層の一部となる
第1中間層とする工程と、前記第1中間層上に、第2反
応性ガス下で第2前駆体を成膜する工程と、前記第2前
駆体を前記中間層の一部となる第2中間層とする工程と
を含み、

前記第2反応性ガスが前記第1反応性ガスよりも高い反
応性を有する請求項27に記載の磁気抵抗効果素子の製
造方法。

【請求項35】 第1反応性ガス下で第1前駆体を成
膜する工程と、前記第1前駆体を前記中間層の一部となる
第1中間層とする工程と、前記第1中間層上に、第2反
応性ガス下で第2前駆体を成膜する工程と、前記第2前
駆体を前記中間層の一部となる第2中間層とする工程と
を含み、

前記第2反応性ガスが前記第1反応性ガスよりも高い反
応性を有する請求項28に記載の磁気抵抗効果素子の製
造方法。

【請求項36】 第1反応性ガス下で第1前駆体を成
膜する工程と、前記第1前駆体を前記中間層の一部となる
第1中間層とする工程と、前記第1中間層上に、第2反
応性ガス下で第2前駆体を成膜する工程と、前記第2前
駆体を前記中間層の一部となる第2中間層とする工程と
を含み、

前記第2反応性ガスが前記第1反応性ガスよりも高い反
応性を有する請求項29に記載の磁気抵抗効果素子の製
造方法。

【請求項37】 第1反応性ガス下で第1前駆体を成
膜する工程と、前記第1前駆体を前記中間層の一部となる
第1中間層とする工程と、前記第1中間層上に、第2反
応性ガス下で第2前駆体を成膜する工程と、前記第2前
駆体を前記中間層の一部となる第2中間層とする工程と
を含み、

前記第2反応性ガスが前記第1反応性ガスよりも高い反
応性を有する請求項30に記載の磁気抵抗効果素子の製
造方法。

(3) [0001] [発明の属する技術分野] 本発明は、磁気抵抗効果素子およびその製造方法に関する。

[0002]

[従来の技術] 磁性体/トンネル絶縁層(トンネル層)/磁性体を基本構成とするTMR素子により高い逆伝導応答変化率(MR比)を実現できることが示されており、現在ヘッド、MRAM等の応用に向けて、TMR素子について活発な研究が行われている。

[0003] TMR素子はトンネル層を挟む2つの磁性体の磁化相対角により、磁性体間のトンネル絶縁層が変化することを利用していいる。トンネル層としては、主として酸化アルミニウムが用いられている。一般に、酸化アルミニウムは、酸性由成した金属アルミニウム層を酸化して形成される。具体的には、塗装工程(BN)で酸化アルミニウム以上層のTMR素子を作製したのが報告されているが(特開平4-103013号公報)。その他多くの研究例を参考すれば、現在のこと、酸化アルミニウムが最も大きなMR比を示すと考えられている。

[0004]

[発明が解決しようとする課題] TMR素子を、逆伝導ヘッド、MRAM等の磁気抵抗素子用に用いるには、逆応答速度やノイズ抑制度の向上的要望から、累計サブスクリプションを小さくすることが望まれる。素子サイドでの構成要素は、特にトネル接合抵抗は上昇するから、単位面積あたりの接合抵抗値は小さいほうがよい。接合抵抗の値を下させる有効的な方法の一つはトネル層の膜厚である。しかし、金属性アルミニウム層を酸化していくと、アルミニウムが晶出形成され、トンネル層の厚みのバラつきが大きくなり、ついでには膜の作製が困難となる。

[0005] トネル層の膜厚を進めていくと、MR比も低下する。これは、トネル層が厚くなるにつれて、いかむるオーレンジピール効果によってトネル層を介した逆伝導層の界面結合とトネル層接合が強くなり、磁性層間に付いたいいばね(相対角が離れにくくなったり、リーキ電流が増大するため)と考えられる。

[0006] 本発明は、上記事情を鑑み、新たな中間層、および中間層の新たな作製方法を提供することを目的とする。

[0007]

[課題を解決するための手段] 本発明の逆伝導効果素子は、中間層と、この中間層を挟持する一对の磁性層とを有し、上記中間層が、2~17族から選ばれる少なくとも3種の元素を含み、この元素が、F、O、N、CおよびBから選ばれる少なくとも1種を含むことを特徴とする。

[0008] 2~17族は、旧IUPAC命名法に基づけば、IIA~VIII族およびIB~VIIIB族に相当する。2~17族には、1族および18族を除くすべての元素が含まれ、例えばランタノイドと称される原子番号57~75

の元素も含まれる。

[0009] 本発明は、中間層と、この中間層を挟持する一对の磁性層とを有する逆伝導効果素子の製造方法を提供する。この製造方法は、中間層の前駆体を形成する工程と、酸素原子、窒素原子および炭素原子から選ばれる少なくとも1種を含むする多層構造を有する反応雰囲気において、上記前駆体を上記反応槽と反応させて上記中間層の少なくとも一部ととする工程とを有する。この製造方法は、後述するように、前駆体を複数回に分けて形成することが好ましい。この場合は、先に形成した前駆体を中間層の一部に変化させてから、さらさらに別の前駆体を形成すればよい。

[0010]

[発明の実施の形態] 以下、本発明の好ましい実施形態について説明する。

[0011] 中間層に含まれるF、O、N、CおよびBから選ばれた少なくとも1種の元素は、素子の耐熱性向上に効果がある。耐熱性向上はMR比の向上にもたらす。上記元素は、同時に障壁高さの異なりをもたらす。

[0012] 本発明では、中間層に、この元素を含む少なくとも3種の元素を含めることにより、障壁高さ(アーリア高さ)を適度に低くした。したがって、高いMR比と低い接合抵抗値が実現できる。

[0013] 中間層は、膜厚方向については繊維または半導体として機能し、さらにトネル層またはホットエレクトロン層電極として機能する。中間層は、磁性層との界面付近または中間層内にて、電子遷移を促進することで、あるいは伝導電子と漏れ戻戻電子を形成することで等により、さらにスピントリオ作用する層として用いてよい。

[0014] 中間層は、A1以外の金属元素を含んでよい。

[0015] 別の好ましい形態では、中間層は、P、O、C、NおよびB以外であって2~17族から選ばれる少なくとも2種の元素を含む。

[0016] 中間層は、B、A1、GaおよびInから選ばれる少なくとも2種と、Nを含むことを好ましい。

[0017] 中間層は、塗装をストリオドリーラーで調整しやすい。従って、均質な膜質のトネル接合が実現しやすくなる。

[0018] 中間層の組成は、膜厚方向に沿って変化していく。このため、中間層は、单層膜であっても多層膜であ

っても構成される。中間層の組成は、反応雰囲気の変化等により单層膜の内部に導入されたものであってもよく、相互に異なる組成を有する層の多層構造により導入されたものであってもよい。多層構造を有する場合、上記各元素は、中間層を構成する少なくとも一つの層に含まれていればよい。

[0019] 組成変調または多層構造を有する中間層を用いること、バリア層の増加に伴うMR比の低下が抑制される。

[0020] 本発明の好ましい形態では、中間層が、累積高さが互いに異なる2つの層を含む。中間層が、一对の磁性層のいずれかに接する第1中間層と、第一の磁性層の他に接する第2中間層と、どちらの中間層に保持された第3中間層を含む場合は、第3中間層の障壁高さを、第1中間層の障壁高さおよび第2中間層の障壁高さから選ばれた少なくとも1種より低い設定するとよい。検査すれば、相対的に高い障壁高さを有する材料より効果がある。耐熱性向上はMR比の向上にもたらす。上記元素は、同時に障壁高さの異なりをもたらす。

[0021] 本発明では、中間層に、この元素を含む少なくとも3種の元素を含めることにより、障壁高さ(アーリア高さ)を適度に低くした。したがって、高いMR比と低い接合抵抗値が実現できる。

[0022] 中間層が多層膜である場合、中間層の好ましい形態は、Al、Ni、Al、ON、Al、In、およびBNかから選ばれた少なくとも1種からなる障壁高さが相対的に高い第1膜と、第1膜より障壁高さが相対的に低い第2膜との組み合わせが含まれる。障壁高さ/障壁膜厚/高障壁層の比率が得られやすい。この場合、低障壁層には、難燃性ないし耐候性が形成され、この単位がMR比の向上に寄与すると考えられる。

[0023] 中間層は磁性層を含んでよい。この場合は、磁性膜と、中間層を挟持する一对の磁性層との間に、それより少なくとも1種の磁性層が存在していることが好ましい。磁性層としては、単層膜の材料(例えば一对の磁性層を構成する材料よりも分率が高い材料)が好ましく、具体的にはハーフメタル。例えばXMnSb(Xは、Ni、CuおよびPt)から選ばれる少なくとも1種(以下同様)、LaSrMnO、CrO_x、Fe_xO等が好適である。

[0024] 中間層は非磁性金属膜を含んでよい。中間層の好ましい構成には、非磁性金属膜と整流体とを組み多層膜が含まれる。

[0025] 中間層の膜厚は、特に制限されないが、0.5nm以上5nm以下が適である。0.5nmよりも薄くなると、中間層を挿入磁性層間の逆伝導の結合が強くなりすぎてMR比が低下する。5nmを超えると、トンネル層が低して結合抵抗が大きくなりすぎる。

[0026] 中間層は、単結晶膜、多結晶膜、アモルファス膜のいずれを含んでよい。単結晶膜を用いると、層内のボンディングが一層になって均質なトネル層が生じやすい。アモルファス膜を用いると、磁性層

との間に力が低減できる。

[0027] 磁性体には、従来用いられてきた材料を特に制限なく使用できるが、一对の磁性層の少なくとも一方が、F、O、N、CおよびBから選ばれる少なくとも1種を含むことが好ましい。磁性層と中間層との界面エネルギーが低くなるため、開発化しても安定した膜が形成されやすくなるからである。

[0028] 本発明の好ましい形態では、中間層が、累積高さが互いに異なる2つの層を含む。中間層が、一对の磁性層のいずれかに接する第1中間層と、第一の磁性層の他に接する第2中間層と、どちらの中間層に保持された第3中間層を含む場合は、第3中間層の障壁高さを、第1中間層の障壁高さを、第2中間層の障壁高さより低い設定してもよい。

[0029] 中間層の好ましい形態では、中間層と、この中間層と介在してよい。この強磁性体は、0.5nm以下の強磁性層であることが好ましい。この強磁性層は、例えば、1nm以上の貯蔵層として形成さればよいが、必ずしも膜として形成する必要はない。中間層と障壁層を子として分離させてもよい。

[0030] 本発明の好ましい形態では、中間層と障壁層を子として分離させてもよい。

[0031] 中間層の障壁層は、XeMnSb、LaSrMnO、LaSrMnO、CrO_x、Fe_xO、およびFeCr等のハーフメタル強磁性材料が含まれる。

[0032] 中間層が多層膜である場合、中間層の好ましい形態は、Al、Ni、Al、ON、Al、In、およびBNかから選ばれた少なくとも1種からなる障壁高さが相対的に高い第1膜と、第1膜より障壁高さが相対的に低い第2膜との組み合わせが含まれる。障壁高さ/障壁膜厚/高障壁層の比率が得られやすい。この場合、低障壁層には、難燃性ないし耐候性が形成され、この単位がMR比の向上に寄与すると考えられる。

[0033] 中間層は磁性層を含んでよい。この場合は、磁性膜と、中間層を挟持する一对の磁性層との間に、それより少なくとも1種の磁性層が存在していることが好ましい。磁性層としては、単層膜の材料(例えば一对の磁性層を構成する材料よりも分率が高い材料)が好ましく、具体的にはハーフメタル。例えばXMnSb(Xは、Ni、CuおよびPt)から選ばれる少なくとも1種(以下同様)、LaSrMnO、CrO_x、Fe_xO等が好適である。

[0034] 中間層は非磁性金属膜を含んでよい。中間層の好ましい構成には、非磁性金属膜と整流体とを組み多層膜が含まれる。

[0035] 中間層の膜厚は、特に制限されないが、0.5nm以上5nm以下が適である。0.5nmよりも薄くなると、中間層を挿入磁性層間の逆伝導の結合が強くなりすぎてMR比が低下する。5nmを超えると、トンネル層が低して結合抵抗が大きくなりすぎる。

[0036] 中間層は、単結晶膜、多結晶膜、アモルファス膜のいずれを含んでよい。単結晶膜を用いると、層内のボンディングが一層になって均質なトネル層が形成されやすくなる。このため、強い反応条件を適用すると、磁性層

化等により劣化するおそれがある。しかし、最初に相対的に弱い条件を適用して磁性層を構成すれば、反応層が活性層を劣化させにくくなる。反応条件を変更しつつ中間層を形成すれば、活性層の劣化を抑制しつつ、所置の中間層を効率的に得ることができる。

〔0032〕反応雰囲気の「盛り」、即ち前駆体との反応を促進する能力は、温度、反応層の活性化状態、反応層の分位数により、順番すばりよい。反応の分位数は、制限しない条件の一つである。本発明の好ましい形態には、第2前駆体に適用する反応雰囲気における反応層の分位数と、第1前駆体に適用する反応雰囲気におけるその反応層の分位数の高さで区別される。

〔0033〕本発明の好ましい形態では、「弱い」反応雰囲気を用いてから「盛り」反応雰囲気を用いる、ここで、「弱い」反応雰囲気は、前駆体を、化学量論的な値の0.8倍以上の反応（例えばF、O₂およびC）を有する状態にまで反応させる必要がない。一方、「盛り」反応雰囲気とは、化学量論的な値の0.8以上に、好ましくは0.9以上にまで反応層を残存する状態にまで前駆体を反応させせる必要気が好ましい。

〔0034〕中間層を形成する工程は、3回以上に分けて行ってよい。この場合、第1前駆体と第2前駆体とは、必ずしも連続して形成しなくともよい。

〔0035〕中間層を形成するための前駆体形成工程を含む場合には、第m回目に形成する前駆体に適用する反応雰囲気が、第(1-m)回目に形成する前駆体に適用する反応雰囲気よりも反応層を有するように調整することができる。ただし、nは2以上までの整数であり、mはnから選ばれる整数である。中間層による良好な接合実現のために、比較的長い反応時間を開けて前駆体を溶化等することが必要となる場合がある。徐々に条件を厳しくしていくと、短い反応時間で良好な中間層を形成できる。

〔0036〕最初に形成する前駆体の一部を意図的に未反応の状態としまして、次の前駆体を残してよい。この好ましい例によれば、その後に加熱することによって未反応の状態にある上記前駆体の一部と中間層の下地とが磁性層（地下磁場）に含まれる元素と反応せることができる。加熱温度に特に制限はないが、200~400℃程度が好適である。この加熱は、デバイアの製造に必要とされる熟処理工程と兼用しても構わない。

〔0037〕磁性層に混在する反応層となる元素（例えば、O、NおよびCから選ばれる少なくとも1種）は、磁性層の特性を劣化させる場合がある。これら元素を前駆体の未反応部分と組み合わせて除去すれば、磁性層の劣化を抑制する。この未反応前駆体は、その中に含まれる酸化物から地下磁場を保護する役割も担う。前駆体の一部を未反応と残すには、前駆体の濃度を適用する反応条件ではそのすべてが反応しない程度に厚く切替するといよい。

〔0045〕前駆体は、A_m原子および窒素原子から選ばれる少なくとも1種を含む第1反応層と接触させた後K、A_n原子および窒素原子から選ばれる少なくとも1種と鼓膜原子とを含む第2反応層と接触させてよい。

〔0046〕前駆体は、通常、スパッタリング法等の真空成膜法により形成される。この方法により形成された前駆体は、一般的には理論密度の0.9~9.0倍程度の密度を有する。いわば「が生じた」状態にある前駆体は、反応層との反応に伴ってその体積が増加または減少する。このとき、V_A/V_Bが1.15未満であると、よく開いた中間層を保持する一对の磁性層の層で大きなりーク電流が発生するおそれがある。一方、V_A/V_Bが2.0を超過すると、中間層が不均一で抵抗値にバラツキが生じやすくなり、極端な場合には体積膨張によりクラックが発生する。

〔0041〕中間層は、理論密度の8.0%以上の密度を有する前駆体を、V_A/V_Bが1.1以上、1.5以下となるように反応層と接触させて形成することがより好ましい。この好ましい製法は、低強度抵抗と高MR比値との両立によって成る。

〔0042〕上述したように、中間層の低抵抗には、複数の元素を含ませるほうがよい。従って、上記で説明した各方法においても、中間層前駆体が、反応層との反応後に、2~17%から選ばれる少なくとも3種の元素を含むことが好ましい。

〔0043〕反応層は、前駆体と反応するものであれば特に制限されないが、例えば、酸素原子、窒素原子および炭素原子から選ばれる少なくとも1種、好ましくは鼓膜原子および/または窒素原子を含むとい。鼓膜原子および窒素原子を含む反応層は特に好適である。より具体的には、オゾン、酸素ガス、窒素ガス、鼓膜ガス、鼓膜ラジカルおよび窒素ラジカルから選ばれる少なくとも1種を含む反応層が好適である。本明細書では、「原子」が含まれている状態に特に制限はなく、分子、ラジカル等として存在しているといよい。

〔0044〕前駆体の反応の結果に由来する反応層には、K_r原子およびX_e原子から選ばれる少なくとも1種を含ませよとい。これらの不活性ガスは、酸素および窒素から選ばれる少なくとも一方のプラスチックもしくはラジカル、またはオゾンのエネルギー状態を均一化する。これらの不活性ガスとともにA_m原子を含ませよとい。

〔0045〕前駆体は、A_m原子および窒素原子から選ばれる少なくとも1種を含む第1反応層と接触させた後K、A_n原子および窒素原子から選ばれる少なくとも1種と鼓膜原子とを含む第2反応層と接触させてよい。

1番目の圧力は100nPa以上、第2番目の圧力は1~100nPaが好ましい。求め反応性が低い第1反応層を導入して反応室内の圧力を落してから第2番目の圧力により該すると、鼓膜と共に導入されやすい不純物による中間層の劣化を抑止できる。

〔0046〕前駆体は、所置の時間間に応じて適宜選択すればよい。例えば中間層としてAl₂O₃を形成するためには、金属アルミニウム（Al）またはマルチウム酸化物（Al₂O₃（x<1.5））が用いられる。

〔0047〕前駆体は、アルモルフス相を含んでいてよい。アルモルフス相の前駆体は、密度を1以上に保つといよい。アルモルフス化には、例えば2種以上の遷移金属を含む前駆体、または少なくとも1種の遷移金属とC、SiおよびPから選ばれる少なくとも1種を含む前駆体が適している。これら組み合わせを用いると、前駆体が発達する。この組合せは、結晶化が生じにくくなる。

〔0048〕本発明の好ましい形態は、少くとも2枚の基板にそれぞれ第1磁性層を形成すると、同一の成膜面上において第1磁性層上にそれぞれ前駆体を形成する工程と、上記少なくとも2枚の基板を上記成膜室から反応容器に移送する工程と、上記反応容器にて前駆体を同一の反応容器下でそれぞれ中間層のなくとも1部ととする工程と、前駆体上にそれぞれ2枚を重ねて形成する工程とを含む。中間層の特性は、その形成工程の諸条件が影響を及ぼすといよい。上記のように複数の基板について括てて中間層が形成され、基板面において異なる特徴の「バッカス」が形成される。この方法は、例えば、図1および図2に示したように、成膜室21、31a、31bとドロップ室22、32とが真空槽23、33およびゲートバルブ25、35を介して接続された装置を用いて実施できる。この装置を用いると、基本2.4、3.4、3.5は、真空容器を保有しながら成膜室と反応室との間を移動できる。なお、上記のよう反応室とドロップ室を用いる装置を小型化できる。一方、成膜室および反応室は別個にドロップ室を設け、これらを接続するように真空断室を配置すると、生産性的向上に図ることができる。

〔0049〕図3は、本発明の磁性抵抗率系の一例の断面である。磁性抵抗率系10は、第1磁性層1、中間層2、第2磁性層3を基本的な段階として含む。この電子では、外部界面に応じて磁性層1、3の磁性相対角が変化することにより、中間層2を介した磁性層1、3間の電気抵抗が変化する。この電気抵抗の変化が電磁盤1、1.3間に流れる電流によって発生される。両電磁盤の電子界面の順序は、周間接続線12とより絶縁されている。これら各部材を含む多層度は、基板14上に、スパッタリング法等によって形成さればよい。

〔0050〕両磁性層1、3のいずれか一方の磁化を固定し、他方の磁性層（自由磁性層）の磁化回転により、10てもよい。上記磁性層として、XMnSb、LaSrM

抵抗の変化を生じさせてよい。磁化を固定する磁性層（固定磁性層）には、中間層と反対側の面に、磁化回転抑制層を配置することが好ましい。磁化回転抑制層としては、高保磁力磁性体、反応性磁性体、積層フェリ等が挙げられる。磁化回転抑制層として、積層フェリ/反応性体、積層フェリ/高保磁力磁性体の層構造を用いても構わない。

〔0051〕高保磁力磁性体としては、FePt、CoPt、CoPt_{1-x}、Co_xC_yPt_{1-y}等が好ましい。積層フェリは、少なくとも1層の磁性層Mと少なくとも1層の非磁性層Xとの積層構造を用いなければならない。積層フェリは、非磁性層を介して2層の磁性層が直接磁性的に結合して固定磁性層と高い磁化率を有する。Xは、Cu、Ag、Auであってもよい。界面上の熱的安定性の場合はRはRu、Rh、Ir、Reが好ましく、特にRuが優れている。Ruの好ましい温度は、0.6~8.0nm程度である。MはFe、CoおよびNiから選ばれる少なくとも1層の磁性層Mと7.0nm以上含む強磁性体が適している。この層の好ましい範囲は0.5~5~5nmである。反応性磁性体としては、Cr単体に加え、Ru、Re、Ir、Pt、PはMやRuから選ばれる少なくとも1層の磁性層MとMおよびRuまたはCrととの組合せが好ましい。反応性磁性層の好ましい厚さは1~100nm程度である。なお、反応性磁性体の特性を向上させため、あるいは反応性磁性体とこれが復する非磁性体（例えば電解液）との間の熱収放を防ぐために、反応性磁性体に接着して、Hf、Ta、NiFe、NiFe₂C、R、Cr等の下地膜または試試断面層を形成してもよい。

〔0052〕磁性層1、3には、上述のとおり、公知の材料を特に制限なく使用できる。磁性層は、中間層界面近傍からなる少なくとも1nmの問題において、Fe、CoおよびNiから選ばれる少なくとも1層の金属磁性電子あるいは原子層MとMおよびRuまたはCrとの組合せが好ましい。反応性層の好ましい厚さは1~100nm程度である。なお、反応性層の特性を向上させため、あるいは反応性磁性体とこれが復する非磁性体（例えば電解液）との間の熱収放を防ぐために、反応性磁性体に接着して、Hf、Ta、NiFe、NiFe₂C、R、Cr等の下地膜または試試断面層を形成してもよい。

〔0053〕磁性層1、3には、上述のとおり、公知の材料を特に制限なく使用できる。磁性層は、中間層界面近傍からなる少なくとも1nmの問題において、Fe、CoおよびNiから選ばれる少なくとも1層の金属磁性電子あるいは原子層MとMおよびRuまたはCrとの組合せが好ましい。この条件を満たす材料には、Fe、Co、Fe₃C、Co₂F₁C等のFeCo合金、Ni₃Fe、Ni₂Fe、Ni₃Fe₂等のNiFe合金、Ni₂FeCo合金が含まれ、またFeCr、FeSiAl、FeSi、FeAl、FeCoSi、FeCo₂等のFeAl、FeCoSiAl、Fe₂(Co)、Fe₃(Co)、Fe₂(Ni)、Co₂Pt、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)、(Co)Ir、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)、(Co)Ir、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)、(Co)Ir、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)等のFeCo合金、Ni₃Fe、Ni₂Fe、Ni₃Fe₂等のNiFe合金、Ni₂FeCo合金が含まれ、またFeCr、FeSiAl、FeSi、FeAl、FeCoSi、FeCo₂等のFeAl、FeCoSiAl、Fe₂(Co)、Fe₃(Co)、Fe₂(Ni)、Co₂Pt、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)、(Co)Ir、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)等のFeCo合金、Ni₃Fe、Ni₂Fe、Ni₃Fe₂等のNiFe合金、Ni₂FeCo合金が含まれ、またFeCr、FeSiAl、FeSi、FeAl、FeCoSi、FeCo₂等のFeAl、FeCoSiAl、Fe₂(Co)、Fe₃(Co)、Fe₂(Ni)、Co₂Pt、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)、(Co)Ir、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)等のFeCo合金、Ni₃Fe、Ni₂Fe、Ni₃Fe₂等のNiFe合金、Ni₂FeCo合金が含まれ、またFeCr、FeSiAl、FeSi、FeAl、FeCoSi、FeCo₂等のFeAl、FeCoSiAl、Fe₂(Co)、Fe₃(Co)、Fe₂(Ni)、Co₂Pt、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)、(Co)Ir、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)等のFeCo合金、Ni₃Fe、Ni₂Fe、Ni₃Fe₂等のNiFe合金、Ni₂FeCo合金が含まれ、またFeCr、FeSiAl、FeSi、FeAl、FeCoSi、FeCo₂等のFeAl、FeCoSiAl、Fe₂(Co)、Fe₃(Co)、Fe₂(Ni)、Co₂Pt、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)、(Co)Ir、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)等のFeCo合金、Ni₃Fe、Ni₂Fe、Ni₃Fe₂等のNiFe合金、Ni₂FeCo合金が含まれ、またFeCr、FeSiAl、FeSi、FeAl、FeCoSi、FeCo₂等のFeAl、FeCoSiAl、Fe₂(Co)、Fe₃(Co)、Fe₂(Ni)、Co₂Pt、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)、(Co)Ir、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)等のFeCo合金、Ni₃Fe、Ni₂Fe、Ni₃Fe₂等のNiFe合金、Ni₂FeCo合金が含まれ、またFeCr、FeSiAl、FeSi、FeAl、FeCoSi、FeCo₂等のFeAl、FeCoSiAl、Fe₂(Co)、Fe₃(Co)、Fe₂(Ni)、Co₂Pt、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)、(Co)Ir、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)等のFeCo合金、Ni₃Fe、Ni₂Fe、Ni₃Fe₂等のNiFe合金、Ni₂FeCo合金が含まれ、またFeCr、FeSiAl、FeSi、FeAl、FeCoSi、FeCo₂等のFeAl、FeCoSiAl、Fe₂(Co)、Fe₃(Co)、Fe₂(Ni)、Co₂Pt、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)、(Co)Ir、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)等のFeCo合金、Ni₃Fe、Ni₂Fe、Ni₃Fe₂等のNiFe合金、Ni₂FeCo合金が含まれ、またFeCr、FeSiAl、FeSi、FeAl、FeCoSi、FeCo₂等のFeAl、FeCoSiAl、Fe₂(Co)、Fe₃(Co)、Fe₂(Ni)、Co₂Pt、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)、(Co)Ir、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)等のFeCo合金、Ni₃Fe、Ni₂Fe、Ni₃Fe₂等のNiFe合金、Ni₂FeCo合金が含まれ、またFeCr、FeSiAl、FeSi、FeAl、FeCoSi、FeCo₂等のFeAl、FeCoSiAl、Fe₂(Co)、Fe₃(Co)、Fe₂(Ni)、Co₂Pt、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)、(Co)Ir、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)等のFeCo合金、Ni₃Fe、Ni₂Fe、Ni₃Fe₂等のNiFe合金、Ni₂FeCo合金が含まれ、またFeCr、FeSiAl、FeSi、FeAl、FeCoSi、FeCo₂等のFeAl、FeCoSiAl、Fe₂(Co)、Fe₃(Co)、Fe₂(Ni)、Co₂Pt、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)、(Co)Ir、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)等のFeCo合金、Ni₃Fe、Ni₂Fe、Ni₃Fe₂等のNiFe合金、Ni₂FeCo合金が含まれ、またFeCr、FeSiAl、FeSi、FeAl、FeCoSi、FeCo₂等のFeAl、FeCoSiAl、Fe₂(Co)、Fe₃(Co)、Fe₂(Ni)、Co₂Pt、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)、(Co)Ir、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)等のFeCo合金、Ni₃Fe、Ni₂Fe、Ni₃Fe₂等のNiFe合金、Ni₂FeCo合金が含まれ、またFeCr、FeSiAl、FeSi、FeAl、FeCoSi、FeCo₂等のFeAl、FeCoSiAl、Fe₂(Co)、Fe₃(Co)、Fe₂(Ni)、Co₂Pt、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)、(Co)Ir、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)等のFeCo合金、Ni₃Fe、Ni₂Fe、Ni₃Fe₂等のNiFe合金、Ni₂FeCo合金が含まれ、またFeCr、FeSiAl、FeSi、FeAl、FeCoSi、FeCo₂等のFeAl、FeCoSiAl、Fe₂(Co)、Fe₃(Co)、Fe₂(Ni)、Co₂Pt、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)、(Co)Ir、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)等のFeCo合金、Ni₃Fe、Ni₂Fe、Ni₃Fe₂等のNiFe合金、Ni₂FeCo合金が含まれ、またFeCr、FeSiAl、FeSi、FeAl、FeCoSi、FeCo₂等のFeAl、FeCoSiAl、Fe₂(Co)、Fe₃(Co)、Fe₂(Ni)、Co₂Pt、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)、(Co)Ir、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)等のFeCo合金、Ni₃Fe、Ni₂Fe、Ni₃Fe₂等のNiFe合金、Ni₂FeCo合金が含まれ、またFeCr、FeSiAl、FeSi、FeAl、FeCoSi、FeCo₂等のFeAl、FeCoSiAl、Fe₂(Co)、Fe₃(Co)、Fe₂(Ni)、Co₂Pt、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)、(Co)Ir、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)等のFeCo合金、Ni₃Fe、Ni₂Fe、Ni₃Fe₂等のNiFe合金、Ni₂FeCo合金が含まれ、またFeCr、FeSiAl、FeSi、FeAl、FeCoSi、FeCo₂等のFeAl、FeCoSiAl、Fe₂(Co)、Fe₃(Co)、Fe₂(Ni)、Co₂Pt、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)、(Co)Ir、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)等のFeCo合金、Ni₃Fe、Ni₂Fe、Ni₃Fe₂等のNiFe合金、Ni₂FeCo合金が含まれ、またFeCr、FeSiAl、FeSi、FeAl、FeCoSi、FeCo₂等のFeAl、FeCoSiAl、Fe₂(Co)、Fe₃(Co)、Fe₂(Ni)、Co₂Pt、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)、(Co)Ir、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)等のFeCo合金、Ni₃Fe、Ni₂Fe、Ni₃Fe₂等のNiFe合金、Ni₂FeCo合金が含まれ、またFeCr、FeSiAl、FeSi、FeAl、FeCoSi、FeCo₂等のFeAl、FeCoSiAl、Fe₂(Co)、Fe₃(Co)、Fe₂(Ni)、Co₂Pt、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)、(Co)Ir、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)等のFeCo合金、Ni₃Fe、Ni₂Fe、Ni₃Fe₂等のNiFe合金、Ni₂FeCo合金が含まれ、またFeCr、FeSiAl、FeSi、FeAl、FeCoSi、FeCo₂等のFeAl、FeCoSiAl、Fe₂(Co)、Fe₃(Co)、Fe₂(Ni)、Co₂Pt、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)、(Co)Ir、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)等のFeCo合金、Ni₃Fe、Ni₂Fe、Ni₃Fe₂等のNiFe合金、Ni₂FeCo合金が含まれ、またFeCr、FeSiAl、FeSi、FeAl、FeCoSi、FeCo₂等のFeAl、FeCoSiAl、Fe₂(Co)、Fe₃(Co)、Fe₂(Ni)、Co₂Pt、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)、(Co)Ir、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)等のFeCo合金、Ni₃Fe、Ni₂Fe、Ni₃Fe₂等のNiFe合金、Ni₂FeCo合金が含まれ、またFeCr、FeSiAl、FeSi、FeAl、FeCoSi、FeCo₂等のFeAl、FeCoSiAl、Fe₂(Co)、Fe₃(Co)、Fe₂(Ni)、Co₂Pt、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)、(Co)Ir、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)等のFeCo合金、Ni₃Fe、Ni₂Fe、Ni₃Fe₂等のNiFe合金、Ni₂FeCo合金が含まれ、またFeCr、FeSiAl、FeSi、FeAl、FeCoSi、FeCo₂等のFeAl、FeCoSiAl、Fe₂(Co)、Fe₃(Co)、Fe₂(Ni)、Co₂Pt、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)、(Co)Ir、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)等のFeCo合金、Ni₃Fe、Ni₂Fe、Ni₃Fe₂等のNiFe合金、Ni₂FeCo合金が含まれ、またFeCr、FeSiAl、FeSi、FeAl、FeCoSi、FeCo₂等のFeAl、FeCoSiAl、Fe₂(Co)、Fe₃(Co)、Fe₂(Ni)、Co₂Pt、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)、(Co)Ir、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)等のFeCo合金、Ni₃Fe、Ni₂Fe、Ni₃Fe₂等のNiFe合金、Ni₂FeCo合金が含まれ、またFeCr、FeSiAl、FeSi、FeAl、FeCoSi、FeCo₂等のFeAl、FeCoSiAl、Fe₂(Co)、Fe₃(Co)、Fe₂(Ni)、Co₂Pt、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)、(Co)Ir、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)等のFeCo合金、Ni₃Fe、Ni₂Fe、Ni₃Fe₂等のNiFe合金、Ni₂FeCo合金が含まれ、またFeCr、FeSiAl、FeSi、FeAl、FeCoSi、FeCo₂等のFeAl、FeCoSiAl、Fe₂(Co)、Fe₃(Co)、Fe₂(Ni)、Co₂Pt、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)、(Co)Ir、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)等のFeCo合金、Ni₃Fe、Ni₂Fe、Ni₃Fe₂等のNiFe合金、Ni₂FeCo合金が含まれ、またFeCr、FeSiAl、FeSi、FeAl、FeCoSi、FeCo₂等のFeAl、FeCoSiAl、Fe₂(Co)、Fe₃(Co)、Fe₂(Ni)、Co₂Pt、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)、(Co)Ir、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)等のFeCo合金、Ni₃Fe、Ni₂Fe、Ni₃Fe₂等のNiFe合金、Ni₂FeCo合金が含まれ、またFeCr、FeSiAl、FeSi、FeAl、FeCoSi、FeCo₂等のFeAl、FeCoSiAl、Fe₂(Co)、Fe₃(Co)、Fe₂(Ni)、Co₂Pt、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)、(Co)Ir、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)等のFeCo合金、Ni₃Fe、Ni₂Fe、Ni₃Fe₂等のNiFe合金、Ni₂FeCo合金が含まれ、またFeCr、FeSiAl、FeSi、FeAl、FeCoSi、FeCo₂等のFeAl、FeCoSiAl、Fe₂(Co)、Fe₃(Co)、Fe₂(Ni)、Co₂Pt、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)、(Co)Ir、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)等のFeCo合金、Ni₃Fe、Ni₂Fe、Ni₃Fe₂等のNiFe合金、Ni₂FeCo合金が含まれ、またFeCr、FeSiAl、FeSi、FeAl、FeCoSi、FeCo₂等のFeAl、FeCoSiAl、Fe₂(Co)、Fe₃(Co)、Fe₂(Ni)、Co₂Pt、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)、(Co)Ir、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)等のFeCo合金、Ni₃Fe、Ni₂Fe、Ni₃Fe₂等のNiFe合金、Ni₂FeCo合金が含まれ、またFeCr、FeSiAl、FeSi、FeAl、FeCoSi、FeCo₂等のFeAl、FeCoSiAl、Fe₂(Co)、Fe₃(Co)、Fe₂(Ni)、Co₂Pt、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)、(Co)Ir、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)等のFeCo合金、Ni₃Fe、Ni₂Fe、Ni₃Fe₂等のNiFe合金、Ni₂FeCo合金が含まれ、またFeCr、FeSiAl、FeSi、FeAl、FeCoSi、FeCo₂等のFeAl、FeCoSiAl、Fe₂(Co)、Fe₃(Co)、Fe₂(Ni)、Co₂Pt、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)、(Co)Ir、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)等のFeCo合金、Ni₃Fe、Ni₂Fe、Ni₃Fe₂等のNiFe合金、Ni₂FeCo合金が含まれ、またFeCr、FeSiAl、FeSi、FeAl、FeCoSi、FeCo₂等のFeAl、FeCoSiAl、Fe₂(Co)、Fe₃(Co)、Fe₂(Ni)、Co₂Pt、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)、(Co)Ir、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)等のFeCo合金、Ni₃Fe、Ni₂Fe、Ni₃Fe₂等のNiFe合金、Ni₂FeCo合金が含まれ、またFeCr、FeSiAl、FeSi、FeAl、FeCoSi、FeCo₂等のFeAl、FeCoSiAl、Fe₂(Co)、Fe₃(Co)、Fe₂(Ni)、Co₂Pt、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)、(Co)Ir、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)等のFeCo合金、Ni₃Fe、Ni₂Fe、Ni₃Fe₂等のNiFe合金、Ni₂FeCo合金が含まれ、またFeCr、FeSiAl、FeSi、FeAl、FeCoSi、FeCo₂等のFeAl、FeCoSiAl、Fe₂(Co)、Fe₃(Co)、Fe₂(Ni)、Co₂Pt、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)、(Co)Ir、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)等のFeCo合金、Ni₃Fe、Ni₂Fe、Ni₃Fe₂等のNiFe合金、Ni₂FeCo合金が含まれ、またFeCr、FeSiAl、FeSi、FeAl、FeCoSi、FeCo₂等のFeAl、FeCoSiAl、Fe₂(Co)、Fe₃(Co)、Fe₂(Ni)、Co₂Pt、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)、(Co)Ir、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)等のFeCo合金、Ni₃Fe、Ni₂Fe、Ni₃Fe₂等のNiFe合金、Ni₂FeCo合金が含まれ、またFeCr、FeSiAl、FeSi、FeAl、FeCoSi、FeCo₂等のFeAl、FeCoSiAl、Fe₂(Co)、Fe₃(Co)、Fe₂(Ni)、Co₂Pt、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)、(Co)Ir、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)等のFeCo合金、Ni₃Fe、Ni₂Fe、Ni₃Fe₂等のNiFe合金、Ni₂FeCo合金が含まれ、またFeCr、FeSiAl、FeSi、FeAl、FeCoSi、FeCo₂等のFeAl、FeCoSiAl、Fe₂(Co)、Fe₃(Co)、Fe₂(Ni)、Co₂Pt、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)、(Co)Ir、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)等のFeCo合金、Ni₃Fe、Ni₂Fe、Ni₃Fe₂等のNiFe合金、Ni₂FeCo合金が含まれ、またFeCr、FeSiAl、FeSi、FeAl、FeCoSi、FeCo₂等のFeAl、FeCoSiAl、Fe₂(Co)、Fe₃(Co)、Fe₂(Ni)、Co₂Pt、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)、(Co)Ir、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)等のFeCo合金、Ni₃Fe、Ni₂Fe、Ni₃Fe₂等のNiFe合金、Ni₂FeCo合金が含まれ、またFeCr、FeSiAl、FeSi、FeAl、FeCoSi、FeCo₂等のFeAl、FeCoSiAl、Fe₂(Co)、Fe₃(Co)、Fe₂(Ni)、Co₂Pt、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)、(Co)Ir、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)等のFeCo合金、Ni₃Fe、Ni₂Fe、Ni₃Fe₂等のNiFe合金、Ni₂FeCo合金が含まれ、またFeCr、FeSiAl、FeSi、FeAl、FeCoSi、FeCo₂等のFeAl、FeCoSiAl、Fe₂(Co)、Fe₃(Co)、Fe₂(Ni)、Co₂Pt、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)、(Co)Ir、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)等のFeCo合金、Ni₃Fe、Ni₂Fe、Ni₃Fe₂等のNiFe合金、Ni₂FeCo合金が含まれ、またFeCr、FeSiAl、FeSi、FeAl、FeCoSi、FeCo₂等のFeAl、FeCoSiAl、Fe₂(Co)、Fe₃(Co)、Fe₂(Ni)、Co₂Pt、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)、(Co)Ir、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)等のFeCo合金、Ni₃Fe、Ni₂Fe、Ni₃Fe₂等のNiFe合金、Ni₂FeCo合金が含まれ、またFeCr、FeSiAl、FeSi、FeAl、FeCoSi、FeCo₂等のFeAl、FeCoSiAl、Fe₂(Co)、Fe₃(Co)、Fe₂(Ni)、Co₂Pt、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)、(Co)Ir、Fe(Ni)、(Co)Rh、Fe(Ni)等のFeCo合金、Ni₃Fe、Ni₂Fe、Ni₃Fe₂等のNiFe合金、Ni₂Fe

n.O. La.CsSrMnO_xCr_yO_zのハーフメタル(ハーフメタリック磁性体)を用いてもよい。ハーフメタルは50原子%以上含まれていることが好ましい。ZnO中K、V、Cr、Fe、CoおよびNiから選択される元素をドープした磁性半導体を用いてもよい。

[0053] 磁性体、3Dそれ自体が均一な組成で構成されなくてよい。耐磁性度、硬質磁性度もしくは中間層界面での電子面抵抗の高スビン分離化、または人工格子形成もしくは電子位相形成によるスピン分離度の増大のため、互いに組成や結晶構造の異なる複数の磁性体を接合して用いてもよく、磁性体と非磁性体を接合して用いてもよい。

[0054] [実施例] 以下は実施例では、組成分析を行っていない材料については、部数を付さず元素を並べて記載する。

[0055] [実施例1] 本実施例では、マグネットンスピバッカが可能である成膜室(到達真空度5×10⁻⁴Torr)と、逆スパッタが可能であり、窒素ラジカル、酸素および酸素ラジカルが導入でき、かつランプによる基板加熱が可能なロードロック室と、真空搬送室で接続した上記の構成を有する多元系成膜装置を用いた。この装置の成膜室において、6インチの熱酸化付けきりコン基板上に、以下の段を経て成膜した。

[0056] Ta(30)/Ti(70)/Ta(3)/Pd(30)/Co_xFe_y(0.7)/Co_xFe_y(1)/Co_xFe_y(1)/中間層/Co_xFe_y(1)/NiFe(2)/Co_xFe_y(1)/NiFe(2)/Al(5)

ただし、上記は基板側から順に各段を示したものであり、括弧内は膜厚を示す(単位はnm:以下、同様)。

[0057] この多層膜は、下地膜/下部電極/下部膜/反強磁性体/保護フィル/固定磁性層/中間層/自由磁性層/保護層から構成される。ここで、自由磁性層に相当するCo_xFe_y(1)/NiFe(2)/Co_xFe_y(1)では、Ruを挿入したNiFeが交換結合で結合したソフトな積層フェリグ、Co_xFe_y(1)の抵抗構造を単純化している。

[0058] 次いで、固定磁性層に一層異方性を付与するために、多層膜を基板を真空中、260°C、5kPaの境界を保つ熱処理を行った。この段を、図3のように、メサ形状に加工し、さらに層間絶縁膜と上部電極を形成した。中間層の電子面抵抗は、0.5μmとした。層間絶縁膜としては膜厚300nmのAl₂O₃を用い、上部電極には膜厚5nmのTaと膜厚150nmのCuとの保護層を用いた。

[0059] 中間層の作製方法を以下に説明する。ま、*

(表1-1)

中間層	MR (%)	RA (Ωμm ²)
Al ₂ O ₃	3	1
Al ₂ O ₃	8	5

*す、各化合物を構成する元素(表1参照)から酸素および窒素を除いた元素からなるターゲットをArガス中で放電することにより中間層前駆体を作製した。この前駆体の膜厚は0.3~0.4nmとした。ただし、酸素および窒素を除く上記元素が炭素を含む場合は、炭化物ターゲットを用いた。酸素、窒素および炭素を除く元素が複数の場合には、それら元素ごとにターゲットを準備し、これらターゲットに同時に電流を流した。

[0060] 次いで、基板を成膜室からロードロック室に搬送し、前駆体の酸化および/または窒化を行った。酸化は、酸素を10~600torr導入し、10秒~6時間程度反応させて行った。窒化は、窒素ラジカルを3~900W導入することで成膜した。窒化室は、上と同様にして、酸化および窒化をこの順に実施することで作製した。なお、窒素ラジカルの導入に代えて、窒素ガスを導入した後氮化用における逆スパッタR装置によっても、酸化または窒化を行えることが確認された。

[0061] 引き続き、先と同様に中間層前駆体を0.2~0.3nmの範囲となるように成膜し、ロードロック室での酸化、窒化または酸窒化を繰り返した。

[0062] こうして作成した酸窒化物抗磁性素について、上部電極と下部電極との間に電流を流し、外部磁場により変化する電荷の循環抵抗変化率を測定した。また、中間層の面積(1 μm²)あたりの底抵抗(RA)を測定した。結果を中間層の組成とともに表1に示す。

[0066]

(表1-2)

中間層	MR (%)	RA (Ωμm ²)
AlN	24	18
AlN·HfN	25	8
AlN·ZrN	24	7
AlN·TiN	23	6
AlN·TaN	25	5
AlN·NbN	26	6
AlN·VN	24	7
AlN·BN	31	5
AlN·GaN	28	3
AlN·InN	26	3
AlN·Al ₂ C	20	3

[0067]

(表1-3)

中間層	MR (%)	RA (Ωμm ²)
BN	18	12
BN·HfN	22	2
BN·ZrN	19	1
BN·TiN	18	3

	15	16
BN·TaN	19	2
BN·NbN	18	2
BN·VN	16	1
BN·GaN	20	1
BN·InN	19	1

	17	18
Al ₂ O ₃ /Nb	13/19	20
Al ₂ O ₃ /Ta	15/20	30
Al ₂ O ₃ /Cr	13/23	20
Al ₂ O ₃ /Mo	11/15	10
Al ₂ O ₃ /W	13/15	20

[0068] 表より、単に A₁O₃の膜厚を減少させることで RAを低下させると、MR比も同時に低下する。これに対し、A₁O₃に他の元素を添加した中間層では、MR比が同程度であれば、RAは A₁O₃のみの場合よりも低くなつた。同様に A₁N, BNに他の元素を添加した中間層でも、同程度のMR比で相対的に低いRAが得られた。特に、A₁N, BNと Ga₂O₃を並立させた時は、成膜温度を表中に併記した2つの化合物のいずれかを含む段階で形成した多層膜の形成、複数のターゲットへの印加電圧の調整、反応種との選択、蒸着時間により行うことができる。複数の元素が中間層に均一に含まれていなくても、元素差別の効果は得られる。

[0069] なお、耐熱方向性に成膜変更した中間層を作製した場合に、上記と同様、高いMRと低いRAを併立させた時は、成膜温度を表中に併記した2つの化合物のいずれかを含む段階で形成した多層膜の形成、複数のターゲットへの印加電圧の調整、反応種との選択、蒸着時間により行うことができる。複数の元素が中間層に均一に含まれていなくても、元素差別の効果は得られる。

[0070] さらに、各中間層の膜厚と RAとの関係については、中間層の膜厚に対し、RAが指数関数的に増加することが確認された。これに基づき、目的とするデバイスに応じて中間層の抵抗値を調整するよい。

[0071] (実施例2) マグネットロコバッタ(到達真空度5×10⁻⁴Torr)用の成膜室、IBD(イオンビームデポジション: 到達真空度5×10⁻⁴Torr)用の成膜室およびロードロッカ室が互いに真空搬送室で接続され*

[0072] 表2より、単に A₁O₃の膜厚を減少させることで RAを低下させると、MR比も同時に低下する。これに対し、A₁O₃に他の元素を添加した中間層では、MR比が同程度であれば、RAは A₁O₃のみの場合よりも低くなつた。同様に A₁N, BNに他の元素を添加した中間層でも、同程度のMR比で相対的に低いRAが得られた。特に、A₁N, BNと Ga₂O₃を並立させた時は、成膜温度を表中に併記した2つの化合物のいずれかを含む段階で形成した多層膜の形成、複数のターゲットへの印加電圧の調整、反応種との選択、蒸着時間により行うことができる。複数の元素が中間層に均一に含まれていなくても、元素差別の効果は得られる。

[0073] なお、耐熱方向性に成膜変更した中間層を作製した場合に、上記と同様、高いMRと低いRAを併立させた時は、成膜温度を表中に併記した2つの化合物のいずれかを含む段階で形成した多層膜の形成、複数のターゲットへの印加電圧の調整、反応種との選択、蒸着時間により行うことができる。複数の元素が中間層に均一に含まれていなくても、元素差別の効果は得られる。

[0074] ここの場合は、中間層として、膜厚1.5nmのA₁O₃膜と、膜厚0.25nmの非活性元素膜と、をこの順に形成した。また、膜厚0.25nmの一对外の非活性元素で膜厚1.5nmのA₁O₃膜を持続した多層膜の中間層を作製した。

[0075] ここの多層膜の成膜結果を表2に示す。作製した各層のMR比を、測定バイアスを-0.5Vおよび0.5Vとして測定した。

[0076] (実施例3) 実施例2で用いた多元成膜装置を用いて、6インチの熟成膜化付引きシリコン基板上に、以下の膜を形成した。

[0077] 表2におけるMR比には、正のバイアスを印加したときの膜を、相対的に小さい膜が左側になるように示す。また、MR低下率とは、ゼロバイアスの場合に対するMR比(バイアス印加時の相対的に大きいR比)の低下率を示す。負の低下率は、バイアス印加によるMR比の上昇を示す。

[0078] 表2を示したように、Cu, Ag, Au, Ru, Rh, Ir, Reを接着する負のR比が観察された。負のMR比を示す素子は、標準抵抗値と比較するコンパレータ等と一緒に合わせることにより、バイアスの符号を判定する素子として用いることができる。また、非磁性膜を接着すると、バイアス印加時の低下率が小さくなり、MR比が大きくなるとともに、強度非対称性は、MR変化のS/Nを上げるために高出力が必要となる有用である。

[0079] 以上は現象は、A₁O₃に代えて、A₁N, BNを用いた場合にも発現する。また、非活性膜は、非活性膜の厚みが0.1~1nmの範囲では膜厚に応じて異なるバイアス依存性を見せるが、1nmを超えるとMRがほとんど観察されなくなる。

[0080] (実施例4) 実施例2で用いた多元成膜装置を用いて、6インチの熟成膜化付引きシリコン基板上に、以下の膜を形成した。

[0081] 表2におけるMR比には、IBDによる各層のMR比をマグネットロコバッタにより形成*

[0082] 表2におけるMR比には、正のバイアスを印加したときの膜を、相対的に小さい膜が左側になるように示す。また、MR低下率とは、ゼロバイアスの場合に対するMR比(バイアス印加時の相対的に大きいR比)の低下率を示す。負の低下率は、バイアス印加によるMR比の上昇を示す。

[0083] 表2を示したように、Cu, Ag, Au, Ru, Rh, Ir, Reを接着する負のR比が観察された。負のMR比を示す素子は、標準抵抗値と比較するコンパレータ等と一緒に合わせることにより、バイアスの符号を判定する素子として用いることができる。また、非磁性膜を接着すると、バイアス印加時の低下率が小さくなり、MR比が大きくなるとともに、強度非対称性は、MR変化のS/Nを上げるために高出力が必要となる有用である。

[0084] 3層膜の両端のA₁O₃は、0.5nmのA₁O₃を成膜後、2.0Tで2000Torrの酸素露露気1分、2000Torrの酸素露露気で3分段分化して作製した。单層のA₁O₃膜は、既に成膜のA₁Nの膜合計が1nmとなるように施工工程を修正して形成した。

[0085] [0085] 3層膜の両端のA₁O₃は、0.5nmのA₁O₃を成膜後、Ar+N₂混合気中で送りバッタを10秒行って形成した。

[0086] [0086] 3層膜の中央のA₁NおよびBN膜は、標準プロセスのアストを行なわらず、それ代りA₁NおよびBNターゲットを用い、膜厚0.2nmに成長した。同じく中央に配置される他の化合物膜は、各化合物のターゲットを用いて膜厚0.2nmに成長した。

[0087] [0087] 以上のようにして作製した素子について、MR比を測定し、中間層の構成とともに、結果を表3に示す。なお、表3では、ホイスト合金(NiMnS(0.7)/Cu/Ga₂O₃(1)/中間層/Cu7Fe26(1)/NiFe(5)/Ta(5))

[0088] 中間層を形成する副題およびCu₂Fe₂O₄はIBDにより、それ以外の各層はマグネットロコバッタにより形成*

[0089] 表3を示す。ただし、表示した膜では、化学量論比からの組成ずれが10%程度あっても同様の効果が得られる。

[0090] (実施例5) 実施例3で用いた多元成膜装置を用いて、中間層の構成とともに、結果を表3に示す。なお、表3では、PtMnSb(1)/MnSb(1)について、スパッタによる組成ずれが大きいため、成分のみを示している。

[0091] 表3を示す。ただし、表示した膜では、化学量論比からの組成ずれが10%程度あっても同様の効果が得られる。

(表2)

中間層	MR (%)	MR低下率(%)
A ₁ O ₃	15/15	50
A ₁ O ₃ /Cu	-3/3	-20
A ₁ O ₃ /Ag	-0.1/0.5	-30
A ₁ O ₃ /Au	-2/2	-10
A ₁ O ₃ /Ru	-2/2	-15
Ru/A ₁ O ₃ /Ru	-3/5	-20
A ₁ O ₃ /Rh	-1/2	-5
A ₁ O ₃ /Ir	-1/2	-10
A ₁ O ₃ /Re	-2/3	-10
A ₁ O ₃ /Pt	12/18	30
A ₁ O ₃ /Pd	15/18	40
A ₁ O ₃ /Ti	11/21	20
A ₁ O ₃ /Zr	11/18	30
A ₁ O ₃ /Hf	12/17	40
A ₁ O ₃ /V	11/18	30

中間層	MR (%)
A ₁ O ₃	40
A ₁ O ₃ /Fe ₂ O ₃ /Al ₁ O ₃	49
A ₁ O ₃ /NiMnSb/Al ₁ O ₃	52
A ₁ O ₃ /CuMnSb/Al ₁ O ₃	53
A ₁ O ₃ /PtMnSb/Al ₁ O ₃	55
A ₁ O ₃ /LaSrMnO/Al ₁ O ₃	51
A ₁ O ₃ /Cr ₂ O ₃ /Al ₁ O ₃	55
A ₁ O ₃ /AlN/Al ₁ O ₃	48
A ₁ O ₃ /BN/Al ₁ O ₃	45
AlN/BN/AlN	45

〔0087〕表3に示すように、3段階の中間層を用いた粒子からは、 A_1O 、单晶の中間層を用いた場合よりも高いMR比が得られた。

〔0088〕また、3層構造を有する中間層の段階の合計2.0、1~2 nmの範囲で制限しながら、中央層の膜厚を0.1~1.2 nmの範囲で変化させたところ、さらに高いMR比が得られた。

〔0089〕さらに、中央層の膜厚を0.2 nmとし、両端の層となる A_1O 、膜および A_1N 段の膜厚を10 nmの範囲で高いMR比が得られた。

〔0090〕次に、中間層構成による各層の膜厚比率を同一に保ちながら、中間層の全膜厚を変化させて中間層の安定性を調べた。

〔0091〕ここで、 $Ta(3)/Cu(500)/Cr(2.2)/Co(1)/Ru(0.7)/Co(1)/Fe(1)/NiFe(5)/Ta(3)$ の膜構成において、この構成においては A_1 層を e

$N_{x}Fe_{1-x}Fe$ 、 $F_{x}Ta_{1-x}Fe$ 、 $Ta_{1-x}N_{x}Fe$ 、 $F_{x}Zr_{1-x}N_{x}$ 、 $Fe_{1-x}Nb_{x}$ 、 $FeAlO$ 、 $FeSiO$ または $FeAlF$ で置換した素子を用いた。印加逆界を6000 Aとして測定したところ、作製した素子は、何もかも、反強磁性体を用いたもとの比で約2倍のMR曲線を示した。しかし、中間層が薄くなるにつれて、Feを磁性層とした素子ではMRが観察できなくなってしまった。一方、F、O、CoおよびNiから選ばれる少なくとも1種を ω

*含む上記磁性材料を中間層として用いて、中間層の膜厚が、0.5 nm程度以上であれば、MRを示すことが確認された。

〔0092〕(実施例4) 実施例2で用いた多元成膜装置を用いて、6インチの熱酸化付銀シリンコン基板上に、以下のように膜を形成した。

〔0093〕 $Ta(3)/Cu(500)/Ta(3)/PdPm(10)/Co(3)/Ru(0.7)/Co(1)/Fe(1)/Co(500)/Al(0.4)$ 自由磁性層を構成する第1磁性層にIBDにより、それ以外の各層はマグローブスパッタにより形成した。 C の多層膜は、下地/下部電離層/下地/反強磁性体/固定磁性層(積層フリ)の順序で構成し、中間層前駆体が銀塗装か

ら構成されている。

〔0094〕ここで、 A_1N 中間層は、 A_1 を成膜した後、銀塗装層を用いてアルカリ水溶液を導入することにより形成された。また、自由磁性層は、中間層前駆体第1磁性層および第2磁性層の2層構造として、第1磁性層には表4に示した組成を用い、第2磁性層には膜厚5 nmの $Fe_{2}Co_5$ を用いた。

〔0095〕次いで、固定層に一軸異方性を付与するために、真空中で250°C、5 kPaの界温をかけて熱処理を行った。この際を素子面積が0.5 μm^2 となるようメガ加工を行い、上部電離層として $Cu(500)$ を形成し、MR比を測定した。結果を表4に示す。

〔0096〕(表4)

第1磁性層(膜厚: 単位nm)	MR (%)
なし	40
$Fe_2O_3(0.1)$	43
$Fe_2O_3(0.25)$	48
$Fe_2O_3(0.5)$	46
$Fe_2O_3(1)$	40
$NiMnSb(0.1)$	45
$NiMnSb(0.25)$	47
$NiMnSb(0.5)$	45
$NiMnSb(1.0)$	40
$CuMnSb(0.25)$	46
$PMnSb(0.25)$	45
$LaSrMnO(0.25)$	45
$CrO_3(0.25)$	48
$FeCr(0.25)$	49
$Co_xFe_{1-x}(0.25)$	49
$Co_xFe_{1-x}(0.25)$	49

〔0097〕表4より、0.1~0.5 nmの厚みを有する磁性体を、磁性層と中間層との間に介在させるところ、MR比が高くなることが確認できる。

〔0098〕(実施例5) 本実施例では、マグローブスパッタ装置(到達真空度 5×10^{-4} Torr)および反

する磁性体を、磁性層と中間層との間に介在させる

ところ、MR比が高くなることが確認できる。

〔0099〕(実施例6) 本実施例では、反応マグネットロンスパッタ用の第1成膜室(到達真空度 5×10^{-4} Torr)およびマグローブスパッタ用の第2成膜室(到達真空度 5×10^{-4} Torr)および反応室ロードロック室(到達真空度 1×10^{-4} Torr)がそれぞれ真空室送室(到達真空度 1×10^{-4} Torr)にゲートバルブを通じて接続された図2と同様の構成を有する多元成膜装置を用いた。基板S1を成膜室に搬送して、以下の構成を成膜した。

〔0100〕(実施例7) 本実施例では、反応マグネットロンスパッタ用の第1成膜室(到達真空度 5×10^{-4} Torr)およびマグローブスパッタ用の第2成膜室(到達真空度 5×10^{-4} Torr)および反応室ロードロック室(到達真空度 1×10^{-4} Torr)がそれぞれ真空室送室(到達真空度 1×10^{-4} Torr)にゲートバルブを通じて接続された図2と同様の構成を有する多元成膜装置を用いた。基板S1を成膜室から第2成膜室に搬送し、以下の構成の多層膜を成膜した。その後、ロードロック室を再び真空排気し、1枚の基板を再び成膜室に搬入し、中間層前駆体となる膜厚0.5 nmの A_1 を成膜した。さらには、1枚の基板を、再びロードロック室へと搬送し、上記と同様の条件で前駆体の一括成膜を行った。

〔0101〕(実施例8) 本実施例では、成膜室Aにガスに酸素ガスを加えた充氮気で反応マグネットロンスパッタにより第1中間層を成膜して膜厚0.3 nmの A_1 を成膜した。その後、この基板を再びロードロック室へと搬送し、基板S2 S1に多層膜を成膜した後、ロードロック室へ搬送することを繰り返した。

〔0102〕(実施例9) 本実施例では、基板S1を成膜室へ搬送し、この成膜室で A_1 ガスに酸素ガスを加えた充氮気で反応マグネットロンスパッタにより第1中間層を成膜して膜厚0.3 nmの A_1 を成膜した。その後、この基板を再びロードロック室へと搬送し、基板S2 S1に多層膜を成膜した後、ロードロック室へ搬送することを繰り返した。

〔0103〕(実施例10) 本実施例では、成膜室Aにガスに酸素ガスを加えた充氮気で反応マグネットロンスパッタにより第1中間層を成膜して膜厚0.3 nmの A_1 を成膜した。その後、この基板を再びロードロック室へと搬送し、上記と同様にして、基板S2 S1に多層膜を成膜した後、ロードロック室へ搬送することを繰り返した。

〔0104〕(実施例11) 本実施例では、成膜室Aにガスに酸素ガスを加えた充氮気で反応マグネットロンスパッタにより第1中間層を成膜して膜厚0.3 nmの A_1 を成膜した。その後、この基板を再びロードロック室へと搬送し、上記と同様の条件で前駆体の一括成膜を行った。

〔0105〕(実施例12) 本実施例では、成膜室Aにガスに酸素ガスを加えた充氮気で反応マグネットロンスパッタにより第1中間層を成膜して膜厚0.3 nmの A_1 を成膜した。その後、この基板を再びロードロック室へと搬送し、上記と同様の条件で前駆体の一括成膜を行った。

〔0106〕(実施例13) 本実施例では、成膜室Aにガスに酸素ガスを加えた充氮気で反応マグネットロンスパッタにより第1中間層を成膜して膜厚0.3 nmの A_1 を成膜した。その後、この基板を再びロードロック室へと搬送し、上記と同様の条件で前駆体の一括成膜を行った。

〔0107〕(実施例14) 本実施例では、成膜室Aにガスに酸素ガスを加えた充氮気で反応マグネットロンスパッタにより第1中間層を成膜して膜厚0.3 nmの A_1 を成膜した。その後、この基板を再びロードロック室へと搬送し、上記と同様の条件で前駆体の一括成膜を行った。

〔0108〕(実施例15) 本実施例では、成膜室Aにガスに酸素ガスを加えた充氮気で反応マグネットロンスパッタにより第1中間層を成膜して膜厚0.3 nmの A_1 を成膜した。その後、この基板を再びロードロック室へと搬送し、上記と同様の条件で前駆体の一括成膜を行った。

〔0109〕(実施例16) 本実施例では、成膜室Aにガスに酸素ガスを加えた充氮気で反応マグネットロンスパッタにより第1中間層を成膜して膜厚0.3 nmの A_1 を成膜した。その後、この基板を再びロードロック室へと搬送し、上記と同様の条件で前駆体の一括成膜を行った。

〔0110〕(実施例17) 本実施例では、成膜室Aにガスに酸素ガスを加えた充氮気で反応マグネットロンスパッタにより第1中間層を成膜して膜厚0.3 nmの A_1 を成膜した。その後、この基板を再びロードロック室へと搬送し、上記と同様の条件で前駆体の一括成膜を行った。

〔0111〕(実施例18) 本実施例では、成膜室Aにガスに酸素ガスを加えた充氮気で反応マグネットロンスパッタにより第1中間層を成膜して膜厚0.3 nmの A_1 を成膜した。その後、この基板を再びロードロック室へと搬送し、上記と同様の条件で前駆体の一括成膜を行った。

〔0112〕(実施例19) 本実施例では、成膜室Aにガスに酸素ガスを加えた充氮気で反応マグネットロンスパッタにより第1中間層を成膜して膜厚0.3 nmの A_1 を成膜した。その後、この基板を再びロードロック室へと搬送し、上記と同様の条件で前駆体の一括成膜を行った。

〔0113〕(実施例20) 本実施例では、成膜室Aにガスに酸素ガスを加えた充氮気で反応マグネットロンスパッタにより第1中間層を成膜して膜厚0.3 nmの A_1 を成膜した。その後、この基板を再びロードロック室へと搬送し、上記と同様の条件で前駆体の一括成膜を行った。

〔0114〕(実施例21) 本実施例では、成膜室Aにガスに酸素ガスを加えた充氮気で反応マグネットロンスパッタにより第1中間層を成膜して膜厚0.3 nmの A_1 を成膜した。その後、この基板を再びロードロック室へと搬送し、上記と同様の条件で前駆体の一括成膜を行った。

〔0115〕(実施例22) 本実施例では、成膜室Aにガスに酸素ガスを加えた充氮気で反応マグネットロンスパッタにより第1中間層を成膜して膜厚0.3 nmの A_1 を成膜した。その後、この基板を再びロードロック室へと搬送し、上記と同様の条件で前駆体の一括成膜を行った。

〔0116〕(実施例23) 本実施例では、成膜室Aにガスに酸素ガスを加えた充氮気で反応マグネットロンスパッタにより第1中間層を成膜して膜厚0.3 nmの A_1 を成膜した。その後、この基板を再びロードロック室へと搬送し、上記と同様の条件で前駆体の一括成膜を行った。

〔0117〕(実施例24) 本実施例では、成膜室Aにガスに酸素ガスを加えた充氮気で反応マグネットロンスパッタにより第1中間層を成膜して膜厚0.3 nmの A_1 を成膜した。その後、この基板を再びロードロック室へと搬送し、上記と同様の条件で前駆体の一括成膜を行った。

〔0118〕(実施例25) 本実施例では、成膜室Aにガスに酸素ガスを加えた充氮気で反応マグネットロンスパッタにより第1中間層を成膜して膜厚0.3 nmの A_1 を成膜した。その後、この基板を再びロードロック室へと搬送し、上記と同様の条件で前駆体の一括成膜を行った。

〔0119〕(実施例26) 本実施例では、成膜室Aにガスに酸素ガスを加えた充氮気で反応マグネットロンスパッタにより第1中間層を成膜して膜厚0.3 nmの A_1 を成膜した。その後、この基板を再びロードロック室へと搬送し、上記と同様の条件で前駆体の一括成膜を行った。

〔0120〕(実施例27) 本実施例では、成膜室Aにガスに酸素ガスを加えた充氮気で反応マグネットロンスパッタにより第1中間層を成膜して膜厚0.3 nmの A_1 を成膜した。その後、この基板を再びロードロック室へと搬送し、上記と同様の条件で前駆体の一括成膜を行った。

〔0121〕(実施例28) 本実施例では、成膜室Aにガスに酸素ガスを加えた充氮気で反応マグネットロンスパッタにより第1中間層を成膜して膜厚0.3 nmの A_1 を成膜した。その後、この基板を再びロードロック室へと搬送し、上記と同様の条件で前駆体の一括成膜を行った。

〔0122〕(実施例29) 本実施例では、成膜室Aにガスに酸素ガスを加えた充氮気で反応マグネットロンスパッタにより第1中間層を成膜して膜厚0.3 nmの A_1 を成膜した。その後、この基板を再びロードロック室へと搬送し、上記と同様の条件で前駆体の一括成膜を行った。

〔0123〕(実施例30) 本実施例では、成膜室Aにガスに酸素ガスを加えた充氮気で反応マグネットロンスパッタにより第1中間層を成膜して膜厚0.3 nmの A_1 を成膜した。その後、この基板を再びロードロック室へと搬送し、上記と同様の条件で前駆体の一括成膜を行った。

〔0124〕(実施例31) 本実施例では、成膜室Aにガスに酸素ガスを加えた充氮気で反応マグネットロンスパッタにより第1中間層を成膜して膜厚0.3 nmの A_1 を成膜した。その後、この基板を再びロードロック室へと搬送し、上記と同様の条件で前駆体の一括成膜を行った。

〔0125〕(実施例32) 本実施例では、成膜室Aにガスに酸素ガスを加えた充氮気で反応マグネットロンスパッタにより第1中間層を成膜して膜厚0.3 nmの A_1 を成膜した。その後、この基板を再びロードロック室へと搬送し、上記と同様の条件で前駆体の一括成膜を行った。

〔0126〕(実施例33) 本実施例では、成膜室Aにガスに酸素ガスを加えた充氮気で反応マグネットロンスパッタにより第1中間層を成膜して膜厚0.3 nmの A_1 を成膜した。その後、この基板を再びロードロック室へと搬送し、上記と同様の条件で前駆体の一括成膜を行った。

〔0127〕(実施例34) 本実施例では、成膜室Aにガスに酸素ガスを加えた充氮気で反応マグネットロンスパッタにより第1中間層を成膜して膜厚0.3 nmの A_1 を成膜した。その後、この基板を再びロードロック室へと搬送し、上記と同様の条件で前駆体の一括成膜を行った。

〔0128〕(実施例35) 本実施例では、成膜室Aにガスに酸素ガスを加えた充氮気で反応マグネットロンスパッタにより第1中間層を成膜して膜厚0.3 nmの A_1 を成膜した。その後、この基板を再びロードロック室へと搬送し、上記と同様の条件で前駆体の一括成膜を行った。

〔0129〕(実施例36) 本実施例では、成膜室Aにガスに酸素ガスを加えた充氮気で反応マグネットロンスパッタにより第1中間層を成膜して膜厚0.3 nmの A_1 を成膜した。その後、この基板を再びロードロック室へと搬送し、上記と同様の条件で前駆体の一括成膜を行った。

〔0130〕(実施例37) 本実施例では、成膜室Aにガスに酸素ガスを加えた充氮気で反応マグネットロンスパッタにより第1中間層を成膜して膜厚0.3 nmの A_1 を成膜した。その後、この基板を再びロードロック室へと搬送し、上記と同様の条件で前駆体の一括成膜を行った。

〔0131〕(実施例38) 本実施例では、成膜室Aにガスに酸素ガスを加えた充氮気で反応マグネットロンスパッタにより第1中間層を成膜して膜厚0.3 nmの A_1 を成膜した。その後、この基板を再びロードロック室へと搬送し、上記と同様の条件で前駆体の一括成膜を行った。

酸素流量比(%)	RA(Ωμm ²)	MR(%)
0	8	5
0.05	8	14
0.1	8	16
0.5	9	15
1.0	10	14
2.0	11	5

*酸素流量比は第1前駆体、第2前駆体に共通

[0120] 表5より、A1成膜時に0.05~1%の酸素を供給しながら中間層前駆体を作製したサンプルでは、底RAと高MRとを両立したこと確認できる。しかし、酸素流量の増加に伴ってRAが大きくなり、2%以上の流量では底MRが低下した。なお、上記基板上に直後の酸素流量比を変えながら厚膜100 nmとなるよう実験したA1-O膜をXR-Dで観察すると、底厚20 µmが微細化され、質量が0.5%以上ではアキラフス相が含まれることが確認できた。

[0121] CのA1-O膜の抵抗率をXRD法とクリッジ法により求めたところ、最も抵抗値が低い流量比2%

の場合にも、既に導電性が認められた。これは、A*

(表6)

酸素流量比(%)	RA(Ωμm ²)	MR(%)
0	9	12
0.05	9	16
0.1	9	18
0.5	9	17
1.0	10	16

*酸素流量比は第1前駆体に適用、第2前駆体の酸素流量比は2%

[0125] 表6より、第1中間層前駆体を第2中間層間保持した後、酸素分圧0 Torrの常温気にしてから強度が改善されることなく、MRが改善されることが確認できた。同様の現象は、A1-Ni-Si-C等の成膜物、炭化物物質においても同様に確認できた。

[0126] (実施例7) 直径5インチの熱酸化膜付きシリコン基板上に、以下の構成の多層膜を形成した。

[0127] Ta(3)/Cu(300)/Ta(3)/Pd(30)/Co90Fe10(1)/NiFe(5)/Ta(15)を成膜し、逆場中280°Cで熱処理を行った。さらに、ステッパーを用いて、接合面膜が0.2~4 µm²となるようにマスク加工し、上部面層を剥離してMR素子を作製した。こうしてサンプルaの素子を得た。

[0128] 比較のため、第1および第2中間層前駆体

した後、酸素分圧0.2 Torrの窒素気にしてから強度が改善され、MRが得られることが確認された。

[0129] 比較のため、Cの第2中間層前駆体を貯蔵し、

後、酸素分圧0.2 Torrの窒素気にしてから強度が改善され、MRが得られることが確認された。

[0130] 各サンプルのMR比およびRAを測定したところ、サンプルaではMR比10%、RA7.0 µm²が得られた。一方、サンプルbではMRの変化が認められず、RAは0.1 µm²以下であった。サンプルcではMR比5%程度にとどまった。

[0131] サンプルaのように、様々な厚みのA1

を、酸素分圧が絶対的に低い窒素気で予め処理してから組成比が絶対的に高い酸素気で露にするにより、中間層を作製した。

[0132] A1の組成を目標に対するRAを図4に示す。A1の組成に対するMR比を図5に示す。図5より、A1の組成に対するMR比を5%にそれぞれ示す。図5より、A1の組成に対するRAは指標的的に増加していることがある。これで作製されたA1-O膜がトランジスト抵抗として作用していること、および、RAがMRからMR比10%近くに至るまで中間層の厚みにかかわらず膜厚が均一であることを示す。また、図5を併せて参照すると、RAの広い範囲で、高いMRが得られていることが確認できる。

[0133] 1つのシリコン基板において複数の素子を形成した場合においても、上記方法によると、基板内のMR比のバラツキは5%以内となつた。比較的ために、膜厚0.3 nmのA1膜をラジカル化して形成して中間層とした素子についても同様の測定を行ったところ、MR比のバラツキは1.0%程度となつた。

[0134] 塗装物や炭化物の中間層についても、中間層

c)を作製した。
【0135】各サンプルのMR比およびRAを測定したこと、サンプルaではMR比10%、RA7.0 µm²が得られた。一方、サンプルbではMRの変化が認められず、RAは0.1 µm²以下であった。サンプルcではMR比5%程度にとどまった。

【0136】サンプルaのように、様々な厚みのA1を、酸素分圧が絶対的に低い窒素気で予め処理してから組成比が絶対的に高い酸素気で露にするにより、中間層を作製した。

【0137】A1の組成を目標に対するRAを図4に示す。A1の組成に対するMR比を図5に示す。図5より、A1の組成に対するRAは指標的的に増加していることがある。これで作製されたA1-O中間層がトランジスト抵抗として作用していること、および、RAがMRからMR比10%近くに至るまで中間層の厚みにかかわらず膜厚が均一であることを示す。また、図5を併せて参照すると、RAの広い範囲で、高いMRが得られていることが確認できる。

【0138】1つのシリコン基板において複数の素子を形成した場合においても、上記方法によると、基板内のMR比のバラツキは5%以内となつた。比較的ために、膜厚0.3 nmのA1膜をラジカル化して形成して中間層とした素子についても同様の測定を行ったところ、MR比のバラツキは1.0%程度となつた。

[0139] 塗装物や炭化物の中間層についても、中間層

(表7)

中間層作製条件 (1目目/2回目/3回目)	MR (%)	RA (Ωμm ²)
(0.3, 0.7) / (0.3, 0.7) / (0.3, 0.7)	5	40
(0.3, 1.0) / (0.3, 1.0) / (0.3, 1.0)	22	430
(0.3, 1.0) / (0.3, 0.7) / (0.3, 0.5)	6	130
(0.3, 0.5) / (0.3, 0.7) / (0.3, 1.0)	47	300
(0.3, 0.7) / (0.3, 0.9) / (0.3, 1.0)	49	320

【0140】表7より、n回(nは2以上を整数)に分けて中間層を作製するには、nの増加に応じて反応性を強くしていくと高いMRが得られることがわかる。4直線3インチの熱酸化膜付きシリコン基板上に、次回n回目に作製する中間層前駆体に適用する反応条件よりも強いことが示す。

【0141】(実施例8) マグネットロンスパッタが可能な成膜室(逆真密度10~10⁻¹Torr)に逆スパッタが可能であって、塗装ラジカル、酸素および酸素ラジカルを中間層における素子面積が0.5 µm²となるようにレジストパターンを用いて、マサ形状に加工し、さらには可能であって、塗装ラジカル、酸素および酸素ラジカルを用いた。

【0142】Ta(3)/Cu(300)/Ta(3)/NiFeC(4)/Pd(30)/Co90Fe10(3)/Ru(0.3)/Co90Fe10(3)/中間層/Ni60Fe40

【0143】(実施例9) このように反応条件の設定は、塗装ラジカル、SiOx、TaOx等の酸化物、SiC等の炭化物、例えばグラフィットのダイヤモンド化反応においても同様の効果がある。

【0144】(実施例10) マグネットロンスパッタが可能

な成膜室(逆真密度10~10⁻¹Torr)に逆スパッタが可能であって、塗装ラジカル、酸素および酸素ラジカルを中間層における素子面積が0.5 µm²となるようにレジストパターンを用いて、マサ形状に加工し、さらには可能であって、塗装ラジカル、酸素および酸素ラジカルを用いた。

膜厚300nmのアルミを用い、上部電極にはTaをイオンミリングを施した後、Cu(750)を形成した。
[0143] 中間層としては、表8に示す化合物を用いて以下の手順で作製した。まず、酸素および窒素を抜き組成からなるターゲット用い、Ar₂ガス氛围気中で、中間層前駆体を膜厚約0.3~0.4nmとなるように成膜した。次いで、中間層が酸化物の場合、この前駆体をロードロッカ室へ搬入し、ここで酸素を1.0~8.0Torr導入し、10秒以内時間で成膜させることにより前駆体を酸化した。中間層が酸化物である場合は、同様に酸化を行った後、さらにロードロッカ室内で窒素ラジカルを3~900ccの導入することで作製し* (表8)。

*た、
[0144] さらに、同じ中間層前駆体を膜厚が0.2~0.3nmなるよう成膜し、これを上記と同様にしてロードロッカ室で酸化(焼成)した。
[0145] 作製した各電子について、MRを測定した。また、焼成(焼成室)による中間層前駆体の体積変成膜した。ここで、中間層が酸化物の場合、この前駆体をロードロッカ室へ搬入し、ここで酸素を1.0~8.0Torr導入し、10秒以内時間で成膜させることにより前駆体を酸化した。中間層が酸化物である場合は、同様に酸化を行った後、さらにロードロッカ室内で窒素ラジカルを3~900ccの導入することで作製し* (表8)。

中間層	体積変化率(%)	MR (%)
MgO	0.8	10
CaO	0.6	1
FeO	2.1	0
WO ₃	3.5	0
Cr ₂ O ₃	2.1	1
MgO-Cr ₂ O ₃	1.05	25
Al ₂ O ₃ -Cu ₂ O	1.4	27
Al ₂ O ₃ -MgO	1.1	32
Al ₂ O ₃ -FeO	1.5	37
Al ₂ O ₃ -WO ₃	2.1	10
Al ₂ O ₃ -Cr ₂ O ₃	2.0	21
Al ₂ O ₃ -AlN	1.2	35

[0146] 表8より、体積変化率が1.05~2.0、特に1.1~1.5の範囲でMRが高くなることがわかる。また、それぞれのリーケ電流を評価したことある。酸化したAl₂O₃、Al₂O₃が最も低いリーケ電流特徴を示した。
[0147] (実験例10) マグネトロンスパッタによる多元成膜装置を用い、直径8インチの熱酸化付けシリコン基板上に、以下下の構成を有する多層膜を成膜した。
[0148] 表8より、体積変化率が1.05~2.0、特に1.1~1.5の範囲でMRが高くなることがある。また、それぞれのリーケ電流を評価したことある。酸化したAl₂O₃、Al₂O₃が最も低いリーケ電流特徴を示した。
[0149] (実験例10) マグネトロンスパッタによる多元成膜装置を用い、直径8インチの熱酸化付けシリコン基板上に、以下下の構成を有する多層膜を成膜した。
[0150] Ta(3)/Cu(750)/Ta(3)/Ni60Fe40(4)/中間層/Cu76Fe24(3)/Ru(0.5)/Cu76Fe24(1)/Nb80Fe20(3)/Pd(30)/Ta(5)の多層膜の底面磁性層(=Co92Zr8(3)/Ru(0.9)/Co92Ta(1.5)/Co75Fe25(1)/中間層/Ni60Fe40(4)/Ru(0.9)/NiFe(3)/Ru(0.9)/NiFe(2)/Ta(5))の多層膜において、NiFe/Ru/NiFe/Ru/NiFe層は、横層* (表10)。

*た、
[0151] 1C-軸異方性を付与するためIC、真空中で、350°C、5kPaの境界を印加した。
[0152] なあ、NiFe/Ru/NiFe/Ru/NiFe層は、横層* (表10)。

この多層膜において、NiFe/Ru/NiFe/Ru/NiFe層は、横層*

サンプル	P1	P2	P3	RA ($\Omega \mu\text{m}^2$)	MR (%)
S1	なし	0./10T	0./10T	30	25
S2	N ₂ /10T	0./10T	0./10T	30	38
S3	O ₂ /10T	0./10T	0./10T	45	40
S4	なし	0./10T	0./10T	35	26
S5	N ₂ /10T	0./10T	0./1T	30	41
S6	O ₂ /10T	0./10T	0./1T	45	42

[0157] 表9より、下地磁性層であるNi60Fe40を窒化または酸化するP1を実施すると、高いMRが得られることがわかる。しかし、P1での酸化または窒化条件が強すぎると、下地磁性層が磁気活性化を起こし、MRは減少する。

[0158] (実験例11) マグネトロンスパッタが可能な成膜装置(到達真空度3×10⁻⁴Torr)と逆スパッタが可能で、遮蔽ラジカル、酸素および酸素ラジカルが導入でき、かつランプ加熱による基板加熱が可能な反応室で、中間層の電子面積が0.1μm²となるようレジストラインを用いて、メザ形加工し、それを真空搬送室で接続した多元成膜装置を用いた。この装置を用いて、直径8インチの試料用基板をシリコン基板上に、以下P1-P3多層膜を形成した。
[0159] Ta(3)/Cu(750)/Ta(3)/NiFeCr(4)/Pd(30)/Co92Zr8(3)/Ru(0.9)/Co92Ta(1.5)/Co75Fe25(1)/中間層/Ni60Fe40(4)/Ru(0.9)/NiFe(3)/Ru(0.9)/NiFe(2)/Ta(5)
この多層膜において、NiFe/Ru/NiFe/Ru/NiFe層は、横層*

(表10)

*フェライト型自由磁性層である。横層フェリを用いると自由磁性層の成膜定常性が高くなる。NiFeCrは、Pt/Mnの結合性を高めることにより、周囲のMnの扩散を抑制し、素子の耐熱性を向上させる。Co92Zr8Ta4はアモルファスであることにより、同様の効果を有する。

[0160] 多層膜の固定磁性層に一軸異方性を付与するため、真空中で、350°C、5kPaの境界を印加した。次いで、中間層の電子面積が0.1μm²となるようレジストラインを用いて、メザ形加工し、それを真空搬送室で接続した多元成膜装置を用いた。この装置を用いて、直径8インチの試料用基板をシリコン基板上に、以下P1-P3多層膜を形成した。

[0161] Ta(3)/Cu(750)/Ta(3)/NiFeCr(4)/Pd(30)/Co92Zr8(3)/Ru(0.9)/Co92Ta(1.5)/Co75Fe25(1)/中間層/Ni60Fe40(4)/Ru(0.9)/NiFe(3)/Ru(0.9)/NiFe(2)/Ta(5)
この多層膜において、NiFe/Ru/NiFe/Ru/NiFe層は、横層*

(表10)

ガス種	RA ($\Omega \mu\text{m}^2$)	MR (%)
Ar+O ₂	120	28
Kr+O ₂	110	42
Xe+O ₂	110	40
Ar+Kr+O ₂	110	37
Ar+Xe+O ₂	110	36
Ar+N ₂	100	32
Ar+Kr+N ₂	100	37
Ar+Xe+N ₂	100	35
Ar+Kr+N ₂ +O ₂	110	43
Ar+Xe+N ₂ +O ₂	110	41
Kr+N ₂ +O ₂	110	45
Xe+N ₂ +O ₂	110	43

[0163] 表1より、KrまたはXeを含む等圧気で前駆体を酸素および/または窒素と反応させると、MRは高くなつた。酸素と窒素を含む等圧気、特にこれにKrを加えた混合ガスが最高であった。

[0164] (実験例12) マグネットロンスパッタが可能な成膜室(送入真空度5×10⁻⁴Torr)と逆スパッタが可能で、窒素ラジカール、酸素および等圧アラカリガス導入孔、かつシングル熱による基板加熱が可能な成膜室とを真空循送室で接続した多元成膜装置を用いた。この装置を用いて中間層3×1インチの熱圧(成膜用シリコン基板上)、以下の多層膜を形成した。

[0165] Ta(3)/Cu(75)/Ta(3)/NiFeCr(4)/Pth(30)/Co75Fe25(3)/第1中間層/Cu(10)/Ta(5)

第1中間層はトンネル絶縁膜であり、第2中間層はオットエレクトロンを伝導する絶縁膜である。この多層膜を、中間層での電子顕微鏡像が1μm²となるようにメサ形状加工し、さらに周囲絶縁膜と上部電極を設けた。

周囲絶縁膜としてアルミナを300nm、また上部電極はTaをイオンミリングを施した後、Cu(75)を形成した。

[0166] サンプルAでは、第1中間層として、0.3nm、0.2nmおよび0.2nmを3回に分けて形成したAl膜をそれぞれ剥離してから、第2中間層として、合計膜厚1nmとなるように4回に分けて形成したA1膜をそれぞれ剥離してから用いた。

[0167] サンプルBでは、第1中間層をサンプルAと同じ様にして形成した後、第2中間層として、合計膜厚が1nmとなるよう4回に分けて形成しTA1mg合金をそれぞれ酸化させて層を用いたが部端面を印加した際の第1中間層を剥離する性質変化における位置の変化からMRを調べてところ、サンプルBがより高いMRを示した。この理由の詳細は不明であるが、第2中間層の第3の元素(Mg)が寄与していると考えられる。

(表11)

サンプル	P1	P2	P3	RA (2μm ²)	MR (%)
S1	なし	Q ₁ /100T	Q ₁ /100T	60	32
S2	N ₂ /100T	Q ₁ +N ₂ /200T	Q ₁ /100T	30	39
S3	Ar/100T	Q ₁ +Ar/200T	Q ₁ /100T	45	38
S4	Ar+N ₂ /100T	Q ₁ +Ar+N ₂ /100T	Q ₁ /100T	35	38

[0174] 表1より、成膜したA1膜を、ArおよびN₂から選ばれる少なくとも一種を含む等圧気で保持したサンプルS2～S4において、優れたMR特性が得られることがわかる。

[0175] [図1] 本発明の方法を実施するための装置の構成

[発明の効果] 本発明によれば、新たなかん層を備えた

50 を示す図である。

* [0168] (実験例13) マグネットロンスパッタによる多元成膜装置を用いて、直径8インチの酸化物付きシリコン基板上に、以下の多層膜を形成した。

[0169] Ta(3)/Cu(75)/Ta(3)/NiFeCr(4)/Pth(30)/Co75Fe25(3)/第1中間層/NiFe(40/40)/Au(0.9)/Ni60Fe

40(4)/Au(0.9)/Ni60Fe40(4)/第2中間層/Co75Fe25(3)/Pth(30)/Ta(5)

Cの多層膜の固定磁性層に一輪異方性を付与するためK、真空中で、280°C、5keVの界温を印加した。Cの素子では自由磁子層(NiFe/Ru/NiFe/Ru/NiFe)を扶持するように1対の固定磁性層(Co75Fe25)が配置されている。第1中間層および第2中間層はともにトンネル絶縁膜である。この中間層は、2つの周間層の原子面積がそれぞれ0.5μm²となるようにレジストパターンを用いてメタ形狀加工し、さらに周間層絶縁膜と上部電極を設けた。周間絶縁膜としてアルミナを300nm、また上部電極にはTaをイオンミーリングを施した後、Cu(75)を形成した。

[0170] 第1中間層および第2中間層としては、表2に示すP1～P3の手順で、A1酸化物またはA1酸化物を形成した。

[0171] P1は、Co75Fe25の表面に成膜した膜厚0.4nmのAl、K、真空中で熱処理した後導入したガスの種類がガス圧である。P2は、P1に引き続いて酸素を100Torr導入したときのガスの種類とガス圧である。P3を、引き続き真空中で熱処理した後に成膜した膜厚0.3nmのA1の酸化条件である。

[0172] ここで、P1～P3は、ガスの種類とガス圧との組合せを用いたが部端面を印加した際の第1中間層を剥離する性質変化における位置の変化からMRを調べてところ、サンプルBがより高いMRを示した。作製したMRおよびRAを表11に示す。

三の元素(Mg)が寄与していると考えられる。

* [0173]

* [図2] 本発明の方法を実施するための装置の別の構成を示す図である。

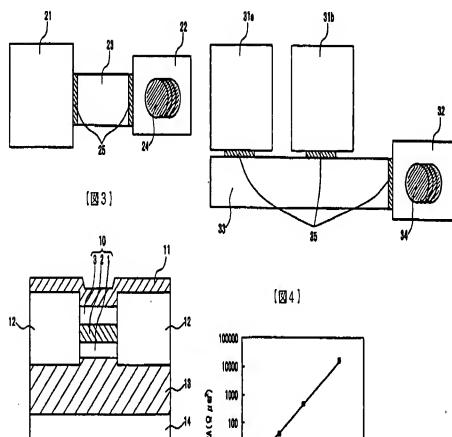
[図3] 本発明の遮光抵抗効果素子の一例を示す断面図である。

* [図4] A1膜の膜厚に対する規格化抵抗値(RA)

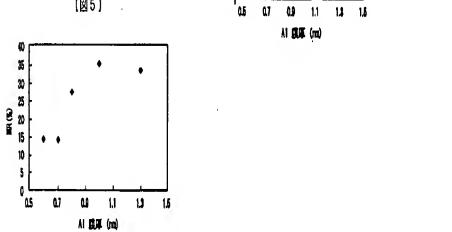
の変化の例を示す図である。

* [図5] A1膜の膜厚に対するMR値の変化の例を示す図である。

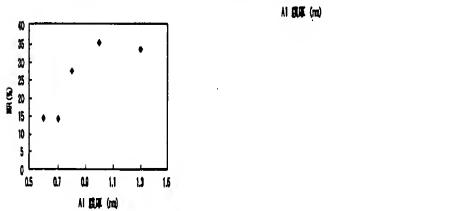
[図1]



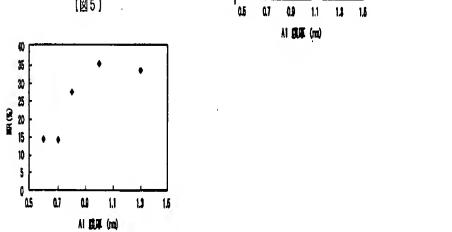
[図2]



[図3]



[図4]



フロントページの様式

(1)Int.Cl.

H01F 41/32

H01L 43/12

F I

特許 (参考)

H01L 43/12

G01R 33/06

R

(2)発明者 松川 望

大阪府門真市大字門真100番地 松下電器

産業株式会社内

(2)発明者 斎島 賢二

大阪府門真市大字門真100番地 松下電器

産業株式会社内

(19) 特許2002-319722

(72)発明者 横間 博
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

Fターム(参考) ZG017 A055 A063 A065
S0034 B403 B415 D407
S0409 B412 C002 B012

[公報種別] 特許法第17条の2の規定による補正の掲載

[部門区分] 第7部門第2区分

[発行日] 平成17年5月19日(2005.5.19)

[公開番号] 特開2002-319722(P2002-319722A)

[公開日] 平成14年10月31日(2002.10.31)

[出願番号] 特願2002-13220(P2002-13220)

[国際特許分類第7版]

H 01 L 43/08

G 01 R 33/09

G 11 B 5/39

H 01 F 10/30

H 01 F 10/32

H 01 F 41/32

H 01 L 43/12

[F1]

H 01 L 43/08

Z

G 11 B 5/39

H 01 F 10/30

H 01 F 10/32

H 01 F 41/32

H 01 L 43/12

G 01 R 33/06

R

[手続補正書]

[提出日] 平成16年7月7日(2004.7.7)

[手続補正1]

[補正対象書類名] 明細書

[補正対象項目名] 特許請求の範囲

[補正方法] 裁更

[補正の内容]

[特許請求の範囲]

[請求項1]

中間層と、前記中間層を挟持する一对の磁性層とを有する磁気抵抗効果粒子の製造方法であって、

少なくとも2枚の基板上にそれぞれ第1磁性層を形成する工程と、

同一の成膜室において前記第1磁性層上にそれぞれ前駆体を成膜する工程と、

前記少くとも2枚の基板を前記成膜室から反応室に移送する工程と、

前記反応室において、酸素原子、窒素原子および炭素原子から選ばれる少くとも1つの中間層を有する同一の反応雰囲気下において、前記前駆体を前記反応室と反応させて前記中間層の少くとも一部とする工程とを含む磁気抵抗効果粒子の製造方法。

[請求項2]

前駆体を、酸素原子、窒素原子および炭素原子から選ばれる少くとも1つの反応種を含有する反応雰囲気において成膜する請求項1に記載の磁気抵抗効果粒子の製造方法。

[請求項3]

第1反応雰囲気下で第1前駆体を成膜する工程と、

前記第1前駆体を前記中間層の一部となる第1中間膜とする工程と、

前記第1中間膜上に、第2反応雰囲気下で第2前駆体を成膜する工程と、

前記第2前駆体を前記中間層の一部となる第2中間膜とする工程とを含み、

前記第2反応雰囲気が前記第1反応雰囲気よりも高い反応性を有する請求項2に記載の

磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項 4】

第1前駆体を成膜する工程と、

前記第1前駆体を第1反応雰囲気下で前記中間層の一部となる第1中間膜とする工程と

前記第1中間膜上に第2前駆体を形成する工程と、

前記第2前駆体を第2反応雰囲気下で前記中間層の一部となる第2中間膜とする工程とを含み、

前記第2反応雰囲気が前記第1反応雰囲気よりも高い反応性を有する請求項1に記載の磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項 5】

前駆体の体積Vbに対する、前記前駆体から形成した膜の体積Vaの比率が1.05以上2.0以下である請求項1に記載の磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項 6】

前駆体がA1以外の金属元素を含む請求項5に記載の磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項 7】

反応雰囲気が、少なくとも酸素原子および窒素原子を含む請求項1に記載の磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項 8】

反応雰囲気が、Kr原子およびXe原子から選ばれる少なくとも1種を含む請求項1に記載の磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項 9】

前駆体を、Ar原子および窒素原子から選ばれる少なくとも1種を含む第1雰囲気に接触させた後に、Ar原子および窒素原子から選ばれる少なくとも1種と酸素原子とを含む第2雰囲気に接触させる請求項1に記載の磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項 10】

中間層前駆体が、アモルファス相を含む請求項1に記載の磁気抵抗効果素子の製造方法

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第7部門第2区分

【発行日】平成17年6月23日(2005.6.23)

【公開番号】特開2002-319722(P2002-319722A)

【公開日】平成14年10月31日(2002.10.31)

【出願番号】特願2002-13220(P2002-13220)

【国際特許分類第7版】

H 01 L 43/08

G 01 R 33/09

G 11 B 5/39

H 01 F 10/30

H 01 F 10/32

H 01 F 41/32

H 01 L 43/12

【F1】

H 01 L 43/08 Z

G 11 B 5/39

H 01 F 10/30

H 01 F 10/32

H 01 F 41/32

H 01 L 43/12

G 01 R 33/06 R

【手続補正書】

【提出日】平成16年9月24日(2004.9.24)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

中間層と、前記中間層を挟持する一对の磁性層とを有する磁気抵抗効果素子の製造方法であって、

少なくとも2枚の基板上にそれぞれ第1磁性層を形成する工程と、

同一の成膜室において前記第1磁性層上にそれぞれ前駆体を成膜する工程と、

前記少なくとも2枚の基板を前記成膜室から反応室に移送する工程と、

前記反応室において、酸素原子、窒素原子および炭素原子から選ばれる少なくとも1つの中間層を有する同一の反応雰囲気下において、前記前駆体を前記反応室と反応させて前記中間層の少なくとも一部とする工程とを含む磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項 2】

前駆体を、窒素原子、窒素原子および炭素原子から選ばれる少なくとも1つの反応種を含有する反応雰囲気において成膜する請求項1に記載の磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項 3】

第1反応雰囲気下で第1前駆体を成膜する工程と、

前記第1前駆体を前記中間層の一部となる第1中間膜とする工程と、

前記第1中間膜上に、第2反応雰囲気下で第2前駆体を成膜する工程と、

前記第2前駆体を前記中間層の一部となる第2中間膜とする工程とを含み、

前記第2反応雰囲気が前記第1反応雰囲気よりも高い反応性を有する請求項2に記載の

磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項4】

第1前躯体を形成する工程と、

前記第1前躯体を第1反応雰囲気下で前記中間層の一部となる第1中間膜とする工程と

前記第1中間膜上に第2前躯体を形成する工程と、

前記第2前躯体を第2反応雰囲気下で前記中間層の一部となる第2中間膜とする工程とを含み、

前記第2反応雰囲気が前記第1反応雰囲気よりも高い反応性を有する請求項1に記載の磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項5】

前躯体の体積Vbに対する、前記前躯体から形成した膜の体積Vaの比率が1.05以上2.0以下である請求項1に記載の磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項6】

前躯体がA1以外の金属元素を含む請求項5に記載の磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項7】

反応雰囲気が、少なくとも酸素原子および窒素原子を含む請求項1に記載の磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項8】

反応雰囲気が、K:原子およびXe原子から選ばれる少なくとも1種を含む請求項1に記載の磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項9】

前躯体を、Ar原子および窒素原子から選ばれる少なくとも1種を含む第1雰囲気に接触させた後に、Ar原子および窒素原子から選ばれる少なくとも1種と酸素原子を含む第2雰囲気に接触させる請求項1に記載の磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項10】

前躯体が、アモルファス相を含む請求項1に記載の磁気抵抗効果素子の製造方法。